

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-260510
(43)Date of publication of application : 03.10.1997

(51)Int.CI. H01L 21/8244
H01L 27/11

(21)Application number : 08-035872 (71)Applicant : HITACHI LTD
(22)Date of filing : 23.02.1996 (72)Inventor : KIKUSHIMA KENICHI
OTSUKA FUMIO
SATO KAZUE

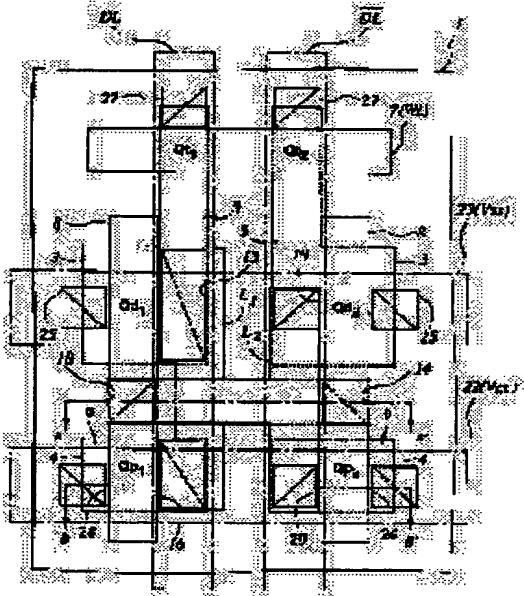
(30)Priority
Priority number : 08 5487 Priority date : 17.01.1996 Priority country : JP

(54) SEMICONDUCTOR INTEGRATED CIRCUIT DEVICE AND ITS MANUFACTURE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce the memory cell size of a complete CMOS type SRAM, by arranging one of local wirings and the other in such a manner that at least parts of them are overlapped, and constituting a capacitive element of one of the local wirings, the other of the local wirings and an insulating film interposed between them.

SOLUTION: A pair of MISFETs Qd1, Qd2, Qp1, Qp2 for driving and for a load constitute a flip-flop circuit as an information storing part. Its one I/O terminal is electrically connected with one of the source/drain region of an MISFET Qt1 for transfer. The other I/O terminal is electrically connected with one of the source/drain region of an MISFET Qt2 for transfer. A data line/DL is connected with the others of the source/drain regions of the MISFET's Qt1, Qt2 for transfer. One end of the flip-flop circuit is connected with a power supply voltage Vcc, and the other end is connected with a reference voltage Vss. The parts between I/O terminals of the flip-flop circuit are cross-coupled via a pair of local wirings L1, L2, and arranged in different conducting layers. Thereby the occupied area of a memory cell can be reduced.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 17.05.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or

[application converted registration]
[Date of final disposal for application]
[Patent number]
[Date of registration]
[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-260510

(43)公開日 平成9年(1997)10月3日

(51)Int.Cl.⁵
H 0 1 L 21/8244
27/11

識別記号 庁内整理番号

F I
H 0 1 L 27/10

技術表示箇所

3 8 1

審査請求 未請求 請求項の数23 O.L (全43頁)

(21)出願番号 特願平8-35872
(22)出願日 平成8年(1996)2月23日
(31)優先権主張番号 特願平8-5487
(32)優先日 平8(1996)1月17日
(33)優先権主張国 日本(JP)

(71)出願人 000005108
株式会社日立製作所
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(72)発明者 菊島 健一
東京都青梅市今井2326番地 株式会社日立
製作所デバイス開発センタ内
(72)発明者 大塚 文雄
東京都青梅市今井2326番地 株式会社日立
製作所デバイス開発センタ内
(72)発明者 佐藤 和重
東京都青梅市今井2326番地 株式会社日立
製作所デバイス開発センタ内
(74)代理人 弁理士 筒井 大和

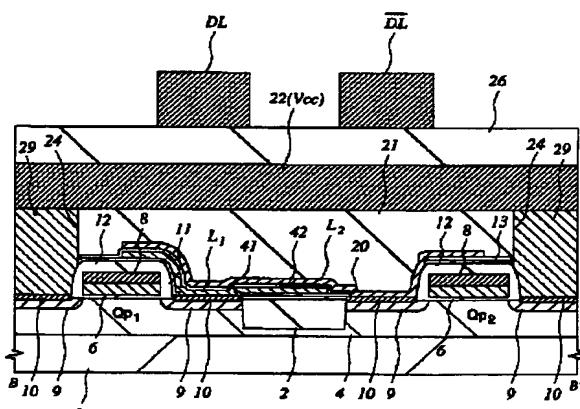
(54)【発明の名称】 半導体集積回路装置およびその製造方法

(57)【要約】

【課題】 S RAMのメモリセルサイズを縮小する。また、S RAMのソフトエラー耐性を向上させる。

【解決手段】 メモリセルのフリップフロップ回路の入出力端子間を交差結合する一对の局所配線L₁, L₂を異なる導電層に形成する。また、上層の局所配線L₂を下層の局所配線L₁と重なり合うように配置し、これらの局所配線L₁, L₂とこれらの間に介在する絶縁膜(窒化シリコン膜42)とで容量素子を構成する。

図 35



L₁, L₂: 局所配線
42: 窒化シリコン膜

【特許請求の範囲】

【請求項1】 一対の駆動用MISFETおよび一対の負荷用MISFETからなるフリップフロップ回路と一対の転送用MISFETとでメモリセルを構成したSRAMを有する半導体集積回路装置であって、半導体基板の主面上に形成した第1導電膜で前記駆動用MISFET、負荷用MISFETおよび転送用MISFETのそれぞれのゲート電極を構成し、前記第1導電膜の上部に形成した第2導電膜で前記フリップフロップ回路の一対の入出力端子間を交差結合する局所配線の一方を構成し、前記第2導電膜の上部に形成した第3導電膜で前記局所配線の他方を構成したことを特徴とする半導体集積回路装置。

【請求項2】 請求項1記載の半導体集積回路装置であって、前記局所配線の一方と前記局所配線の他方とを少なくとも互いの一部が上下に重なるように配置し、前記局所配線の一方と前記局所配線の他方とそれらの間に介在する絶縁膜とで容量素子を構成したことを特徴とする半導体集積回路装置。

【請求項3】 請求項2記載の半導体集積回路装置であって、前記局所配線の一方と前記局所配線の他方とは、前記局所配線の他方と前記フリップフロップ回路を構成するMISFETとを接続する接続孔の開孔領域とその合わせ余裕領域とを除いた領域において互いに重なり合っていることを特徴とする半導体集積回路装置。

【請求項4】 請求項2記載の半導体集積回路装置であって、前記局所配線の一方と前記局所配線の他方との間に介在する前記絶縁膜は、窒化シリコン膜または五酸化タンタル膜であることを特徴とする半導体集積回路装置。

【請求項5】 請求項1、2、3または4記載の半導体集積回路装置であって、前記第2導電膜および前記第3導電膜のそれぞれをメタル材料で構成したことを特徴とする半導体集積回路装置。

【請求項6】 請求項5記載の半導体集積回路装置であって、前記第2導電膜および前記第3導電膜のうち、少なくとも前記第2導電膜を高融点金属または高融点金属化合物で構成したことを特徴とする半導体集積回路装置。

【請求項7】 請求項5記載の半導体集積回路装置であって、前記第2導電膜および前記第3導電膜のうち、少なくとも前記第3導電膜をアルミニウムを主成分とするメタル材料で構成したことを特徴とする半導体集積回路装置。

【請求項8】 請求項1～7のいずれか1項に記載の半導体集積回路装置であって、前記一対の駆動用MISFET、前記一対の負荷用MISFETおよび前記一対の転送用MISFETのそれぞれのソース領域、ドレイン領域の表面に高融点金属シリサイド層を形成したことを特徴とする半導体集積回路装置。

【請求項9】 請求項1～7のいずれか1項に記載の半導体集積回路装置であって、前記一対の駆動用MISFET、前記一対の負荷用MISFETおよび前記一対の転送用MISFETのそれぞれのゲート電極、ソース領域およびドレイン領域の表面に高融点金属シリサイド層を形成したことを特徴とする半導体集積回路装置。

【請求項10】 請求項1～9のいずれか1項に記載の半導体集積回路装置であって、前記第3導電膜の上部に形成した第4導電膜で前記一対の駆動用MISFETのそれぞれのソース領域に接続される基準電圧線および前記一対の負荷用MISFETのそれぞれのソース領域に接続される電源電圧線を構成し、前記第4導電膜の上部に形成した第5導電膜で前記一対の転送用MISFETのそれぞれのドレイン領域に接続されるデータ線を構成したことを特徴とする半導体集積回路装置。

【請求項11】 請求項1～10のいずれか1項に記載の半導体集積回路装置であって、前記一対の駆動用MISFETおよび前記一対の転送用MISFETが形成される半導体基板の第1導電型活性領域と、前記一対の負荷用MISFETが形成される半導体基板の第2導電型活性領域とを、前記半導体基板に開孔した溝によって分離したことを特徴とする半導体集積回路装置。

【請求項12】 請求項2記載の半導体集積回路装置であって、前記局所配線の一方と前記局所配線の他方とを、前記一対の駆動用MISFETのゲート電極とドレイン領域、前記一対の負荷用MISFETのゲート電極とドレイン領域および前記一対の転送用MISFETのゲート電極のそれぞれの上部に形成したことを特徴とする半導体集積回路装置。

【請求項13】 一対の駆動用MISFETおよび一対の負荷用MISFETからなるフリップフロップ回路と一対の転送用MISFETとでメモリセルを構成したSRAMを有する半導体集積回路装置の製造方法であって、(a)主面上に前記駆動用MISFET、前記負荷用MISFETおよび前記転送用MISFETのそれぞれのゲート電極を形成した半導体基板を用意する工程、(b)前記フリップフロップ回路の一対の入出力端子間を交差結合する一対の局所配線の一方を前記ゲート電極の上部に形成する工程、(c)前記局所配線の一方の上部に前記一対の局所配線の他方を形成する工程、を含むことを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項14】 一対の駆動用MISFETおよび一対の負荷用MISFETからなるフリップフロップ回路と一対の転送用MISFETとでメモリセルを構成したSRAMを有する半導体集積回路装置の製造方法であって、(a)主面上に前記駆動用MISFET、前記負荷用MISFETおよび前記転送用MISFETのそれぞれのゲート電極を形成した半導体基板を用意する工程、(b)前記フリップフロップ回路の一対の入出力端子間を交差結合する一対の局所配線の少なくとも一方を前記

ゲート電極の上部に形成する工程、(c) 前記局所配線の少なくとも一方の上部に堆積した第1絶縁膜をエッチングして、前記ゲート電極、前記局所配線の少なくとも一方のそれぞれの側壁にサイドウォールスペーサを形成する工程、(d) 前記サイドウォールスペーサが形成された前記局所配線の少なくとも一方の上部に前記第1絶縁膜とはエッチング速度が異なる第2絶縁膜を堆積し、前記第2絶縁膜をエッチングして前記駆動用MISFETまたは前記負荷用MISFETのソース領域に達する接続孔を形成する工程、を含むことを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項15】 一対の駆動用MISFETおよび一対の負荷用MISFETからなるフリップフロップ回路と一対の転送用MISFETとでメモリセルを構成したSRAMを有する半導体集積回路装置の製造方法であって、(a) 主面上に前記駆動用MISFET、前記負荷用MISFETおよび前記転送用MISFETのそれぞれのゲート電極を形成した半導体基板を用意する工程、

(b) 前記フリップフロップ回路の一対の入出力端子間を交差結合する一対の局所配線の少なくとも一方を前記ゲート電極の上部に形成する工程、(c) 前記局所配線の少なくとも一方の上部に第1絶縁膜を堆積した後、前記第1絶縁膜の上部に前記第1絶縁膜とはエッチング速度が異なる第2絶縁膜を堆積し、前記第2絶縁膜および前記第1絶縁膜をエッチングして前記駆動用MISFETまたは前記負荷用MISFETのソース領域に達する接続孔を形成すると共に、前記ゲート電極および前記局所配線の少なくとも一方のそれぞれの側壁に前記第1絶縁膜からなるサイドウォールスペーサを形成する工程、を含むことを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項16】 請求項14または15記載の半導体集積回路装置の製造方法であって、前記第1絶縁膜は、前記ゲート電極と前記接続孔との合わせ余裕および前記局所配線の少なくとも一方と前記接続孔との合わせ余裕よりも大きい膜厚で堆積することを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項17】 請求項14、15または16記載の半導体集積回路装置の製造方法であって、前記ゲート電極の上部に堆積した前記第2導電膜をパターニングして前記一対の局所配線の少なくとも一方を形成する工程に先立ち、前記ゲート電極と前記局所配線の少なくとも一方との間に介在する絶縁膜をエッチングして、前記局所配線の少なくとも一方に接続される領域の前記ゲート電極を露出させることを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項18】 請求項14、15、16または17記載の半導体集積回路装置の製造方法であって、前記ゲート電極と前記局所配線の少なくとも一方とを少なくとも互いの一部が上下に重なるように配置し、前記ゲート電

極と前記局所配線の少なくとも一方とそれらの間に介在する絶縁膜とで容量素子を構成することを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項19】 請求項14～18のいずれか1項に記載の半導体集積回路装置の製造方法であって、前記局所配線の少なくとも一方の上部に、エッチング速度が前記第1絶縁膜とほぼ同じ材料で構成される第3絶縁膜を堆積し、前記第3絶縁膜の上部に前記第1絶縁膜を堆積することを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

10 【請求項20】 請求項14～19のいずれか1項に記載の半導体集積回路装置の製造方法であって、前記ゲート電極の上部に、前記駆動用MISFET、前記負荷用MISFETおよび前記転送用MISFETを複うように、エッチング速度が前記第1絶縁膜とほぼ同じ絶縁材料で構成される第4絶縁膜を堆積し、前記第4絶縁膜の上部に前記局所配線の少なくとも一方を形成することを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項21】 一対の駆動用MISFETおよび一対の負荷用MISFETからなるフリップフロップ回路と

20 一対の転送用MISFETとでメモリセルを構成したSRAMを有する半導体集積回路装置の製造方法であって、(a) 主面上に前記駆動用MISFET、前記負荷用MISFETおよび前記転送用MISFETのそれぞれのゲート電極を形成した半導体基板を用意する工程、

(b) 前記フリップフロップ回路の一対の入出力端子間を交差結合する一対の局所配線の一方を前記ゲート電極の上部に形成する工程、(c) 前記局所配線の一方の上部に堆積した第3導電膜をパターニングして、前記一対の局所配線の他方を形成する工程、(d) 前記局所配線の他方の上部に堆積した第1絶縁膜をエッチングして、前記ゲート電極、前記局所配線の一方および前記局所配線の他方のそれぞれの側壁にサイドウォールスペーサを形成する工程、

30 (e) 前記サイドウォールスペーサが形成された前記他方の局所配線の上部に前記第1絶縁膜とはエッチング速度が異なる第2絶縁膜を堆積し、前記第2絶縁膜をエッチングして前記駆動用MISFETまたは前記負荷用MISFETのソース領域に達する接続孔を形成する工程、を含むことを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

40 【請求項22】 一対の駆動用MISFETおよび一対の負荷用MISFETからなるフリップフロップ回路と一対の転送用MISFETとでメモリセルを構成したSRAMを有する半導体集積回路装置の製造方法であって、(a) 主面上に前記駆動用MISFET、前記負荷用MISFETおよび前記転送用MISFETのそれぞれのゲート電極を形成した半導体基板を用意する工程、

(b) 前記フリップフロップ回路の一対の入出力端子間を交差結合する一対の局所配線の一方を前記ゲート電極の上部に形成する工程、(c) 前記局所配線の一方の上部に堆積した第3導電膜をパターニングして、前記一対

の局所配線の他方を形成する工程、(d) 前記局所配線の他方の上部に第1絶縁膜を堆積した後、前記第1絶縁膜の上部に前記第1絶縁膜とはエッチング速度が異なる第2絶縁膜を堆積し、前記第2絶縁膜および前記第1絶縁膜をエッチングして前記駆動用MISFETまたは前記負荷用MISFETのソース領域に達する接続孔を形成すると共に、前記ゲート電極、前記局所配線の一方および前記局所配線の他方のそれぞれの側壁に前記第1絶縁膜からなるサイドウォールスペーサを形成する工程、を含むことを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項23】 請求項21または22記載の半導体集積回路装置の製造方法であって、前記第1絶縁膜は、前記ゲート電極と前記接続孔との合わせ余裕、前記局所配線の一方と前記接続孔との合わせ余裕および前記局所配線の他方と前記接続孔との合わせ余裕よりも大きい膜厚で堆積することを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体集積回路装置およびその製造方法に関し、特に、SRAM(Static Random Access Memory)を有する半導体集積回路装置に適用して有効な技術に関するものである。

【0002】

【従来の技術】半導体記憶装置であるSRAMのメモリセルは、1ビットbitの情報を記憶する情報蓄積部としてのフリップフロップ回路、および情報の書き込み、読み出しを行うデータ線と上記フリップフロップ回路との導通を制御する一対の転送用MISFET(Metal Insulator Semiconductor Field Effect Transistor)で構成されている。

【0003】メモリセルのフリップフロップ回路は、一例として一対のCMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)インバータで構成される。この一対のCMOSインバータのそれぞれは、1個の駆動用MISFETと1個の負荷用MISFETとで構成される。つまりこの場合、メモリセルは、2個の駆動用MISFET、2個の負荷用MISFETおよび2個の転送用MISFETを組み合わせた完全CMOS型で構成される。これらのMISFETのうち、転送用MISFETと駆動用MISFETはnチャネル型で構成され、負荷用MISFETはpチャネル型で構成される。

【0004】上記フリップフロップ回路(CMOSインバータ)の一対の入出力端子間は、一例として局所配線と呼ばれる一対の配線を介して交差結合される。また、この入出力端子の一方には電源電圧線を通じて回路の電源電圧(例えば3V)が供給され、他方には基準電圧線を通じて回路の基準電圧(例えば0V)が供給される。

【0005】特開平7-99255号公報には、上記の

ような一对の局所配線を備えた完全CMOS型のSRAMが記載されている。このSRAMは、メモリセルを構成する6個のMISFETのゲート電極、フリップフロップ回路の一方の入出力端子に接続される電源電圧線、他方の入出力端子に接続される基準電圧線、一对の局所配線および転送用MISFETのドレイン領域に接続されるデータ線のそれぞれを異なる導電層に形成している。またこのSRAMは、上記局所配線と他の導電層(基準電圧線など)とを互いに交差するように配置し、この交差領域に容量素子を形成してメモリセルの蓄積ノード容量を増やすことにより、メモリセルサイズの微細化や動作電源電圧の低下に伴うα線ソフトエラー耐性の低下を防いでいる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】前記公報に記載されたSRAMは、メモリセルを構成する6個のMISFETのゲート電極、一对の局所配線、電源配線(電源電圧線および基準電圧線)、データ線のそれぞれを異なる導電層に形成する。そのため、フォトマスクをマスクにして層間絶縁膜に接続孔を形成する際のマスク合わせ余裕が大きくなり、メモリセルサイズが増大してしまう。例えばゲート電極を第1層目の導電膜、局所配線を第2層目の導電膜、電源配線を第3層目の導電膜でそれぞれ構成した場合、電源配線をMISFETの半導体領域に接続する接続孔を形成する際には、ゲート電極と局所配線の両方に対して合わせ余裕を確保する必要がある。

【0007】また、前記公報に記載されたSRAMは、一对の局所配線を同一層の導電膜で形成している。そのため、メモリセル内に2本の局所配線を横に並べて配置するスペースが必要となり、その分、メモリセルサイズが増大してしまう。

【0008】本発明の目的は、完全CMOS型SRAMのメモリセルサイズを縮小する技術を提供することにある。

【0009】本発明の他の目的は、完全CMOS型SRAMのα線ソフトエラー耐性を向上させる技術を提供することにある。

【0010】本発明の前記ならびにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述および添付図面から明らかになるであろう。

【0011】

【課題を解決するための手段】本願において開示される発明のうち、代表的なものの概要を簡単に説明すれば、次のとおりである。

【0012】本発明の半導体集積回路装置は、一对の駆動用MISFETおよび一对の負荷用MISFETからなるフリップフロップ回路と一对の転送用MISFETとでメモリセルを構成したSRAMにおいて、半導体基板の主面上に形成した第1導電膜で前記駆動用MISFET、負荷用MISFETおよび転送用MISFETの

それぞれのゲート電極を構成し、前記第1導電膜の上部に形成した第2導電膜で前記フリップフロップ回路の一対の入出力端子間を交差結合する局所配線の一方を構成し、前記第2導電膜の上部に形成した第3導電膜で前記局所配線の他方を構成する。

【0013】本発明の半導体集積回路装置は、前記局所配線の一方と前記局所配線の他方とを少なくとも互いの一部が上下に重なるように配置し、前記局所配線の一方と前記局所配線の他方とそれらの間に介在する絶縁膜とで容量素子を構成する。

【0014】本発明の半導体集積回路装置の製造方法は、一対の駆動用MISFETおよび一対の負荷用MISFETからなるフリップフロップ回路と一対の転送用MISFETとでメモリセルを構成したSRAMの製造において、(a)主面上に前記駆動用MISFET、前記負荷用MISFETおよび前記転送用MISFETのそれぞれのゲート電極を形成した半導体基板を用意する工程、(b)前記ゲート電極の上部に、前記フリップフロップ回路の一対の入出力端子間を交差結合する一対の局所配線を形成する工程、(c)前記ゲート電極、前記局所配線のそれぞれの側壁にサイドウォールスペーサを形成する工程、(d)前記サイドウォールスペーサが形成された前記局所配線の上部に前記第1絶縁膜とはエッチング速度が異なる第2絶縁膜を堆積し、前記第2絶縁膜をエッチングして前記駆動用MISFETまたは前記負荷用MISFETのソース領域に達する接続孔を形成する工程、を含んでいる。

【0015】本発明の半導体集積回路装置の製造方法は、一対の駆動用MISFETおよび一対の負荷用MISFETからなるフリップフロップ回路と一対の転送用MISFETとでメモリセルを構成したSRAMの製造において、(a)主面上に前記駆動用MISFET、前記負荷用MISFETおよび前記転送用MISFETのそれぞれのゲート電極を形成した半導体基板を用意する工程、(b)前記ゲート電極の上部に前記フリップフロップ回路の一対の入出力端子間を交差結合する局所配線の一方を形成する工程、(c)前記局所配線の一方の上部に前記一対の局所配線の他方を形成する工程、(d)前記局所配線の他方の上部に堆積した第1絶縁膜をエッチングして、前記ゲート電極、前記局所配線の一方および前記局所配線の他方のそれぞれの側壁にサイドウォールスペーサを形成する工程、(e)前記サイドウォールスペーサが形成された前記他方の局所配線の上部に前記第1絶縁膜とはエッチング速度が異なる第2絶縁膜を堆積し、前記第2絶縁膜をエッチングして前記駆動用MISFETまたは前記負荷用MISFETのソース領域に達する接続孔を形成する工程、を含んでいる。

【0016】上記した手段によれば、メモリセルのフリップフロップ回路の入出力端子間を交差結合する一対の局所配線を異なる導電層に形成することにより、一対の

局所配線を同一層の導電膜で形成する場合には必要となる2本の局所配線を横に並べて配置するスペースが不要となり、局所配線同士を部分的に重なり合うように配置することが可能となるので、メモリセルの占有面積を縮小することが可能となる。

【0017】上記した手段によれば、局所配線の一方と局所配線の他方とを上下に重なり合うように配置し、局所配線の一方と局所配線の他方とそれらの間に介在する絶縁膜とで容量素子を構成することにより、メモリセルの蓄積ノード容量を増やすことができるので、メモリセルサイズの微細化や動作電源電圧の低下に伴うα線ソフトエラー耐性の低下を防ぐことができる。

【0018】上記した手段によれば、フォトレジストをマスクにして層間絶縁膜に接続孔を形成する際のマスク合わせ余裕を不要とすることができる所以、メモリセルの占有面積を縮小することができる。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、実施の形態を説明するための全図において同一機能を有するものは同一の符号を付し、その繰り返しの説明は省略する。

【0020】(実施の形態1) 図5は、本実施の形態のSRAMのメモリセルの等価回路図である。図示のように、このメモリセルは、一対の相補性データ線(データ線DL、データ線／(バー)DL)とワード線WLとの交差部に配置され、かつ一対の駆動用MISFET Qd₁, Qd₂、一対の負荷用MISFET Qp₁, Qp₂および一対の転送用MISFET Qt₁, Qt₂で構成されている。これらのMISFETのうち、駆動用MISFET Qd₁, Qd₂および転送用MISFET Qt₁, Qt₂はnチャネル型で構成され、負荷用MISFET Qp₁, Qp₂はpチャネル型で構成されている。すなわち、このメモリセルは、4個のnチャネル型MISFETと2個のpチャネル型MISFETを使った完全CMOS型で構成されている。

【0021】上記メモリセルを構成する6個のMISFETのうち、一対の駆動用MISFET Qd₁, Qd₂と一対の負荷用MISFET Qp₁, Qp₂は、1ビットの情報を記憶する情報蓄積部としてのフリップフロップ回路を構成している。このフリップフロップ回路の一方の入出力端子(蓄積ノード)は転送用MISFET Qt₁のソース、ドレイン領域の一方電気的に接続され、他方の入出力端子(蓄積ノード)は転送用MISFET Qt₂のソース、ドレイン領域の一方に電気的に接続されている。

【0022】転送用MISFET Qt₁のソース、ドレイン領域の他方にはデータ線DLが電気的に接続され、転送用MISFET Qt₂のソース、ドレイン領域の他方にはデータ線／DLが電気的に接続されている。また、フリップフロップ回路の一端(負荷用MISFET

Q_{p1}, Q_{p2} の各ソース領域) は電源電圧 (V_{cc}) に接続され、他端 (駆動用 $MISFET Q_{d1}, Q_{d2}$ の各ソース領域) は基準電圧 (V_{ss}) に接続されている。電源電圧 (V_{cc}) は例えば 3 V であり、基準電圧 (V_{ss}) は例えば 0 V (GND) である。

【0023】上記フリップフロップ回路の入出力端子間は、一対の局所配線 L_1, L_2 を介して交差結合している。後述するように、本実施の形態では、この一対の局所配線 L_1, L_2 を異なる導電層に配置する。

【0024】上記メモリセルの具体的な構成を図1(メモリセル約1個分の平面図)、図2(図1のA-A'線に沿った断面図)、図3(図1のB-B'線に沿った断面図)および図4(メモリセル約4個分の平面図)を用いて説明する。なお、図1および図4にはメモリセルを構成する導電層と上下の導電層を接続する接続孔のみを示し、各導電層を分離する絶縁膜の図示は省略する。

【0025】メモリセルを構成する6個のMISFETは、単結晶シリコンからなる半導体基板1の主面の素子分離溝2によって周囲を囲まれた活性領域に形成されている。nチャネル型で構成された駆動用 $MISFET Q_{d1}, Q_{d2}$ および転送用 $MISFET Q_{t1}, Q_{t2}$ は、p型ウエル3の活性領域に形成されており、pチャネル型で構成された負荷用 $MISFET Q_{p1}, Q_{p2}$ は、n型ウエル4の活性領域に形成されている。

【0026】一対の転送用 $MISFET Q_{t1}, Q_{t2}$ のそれぞれは、p型ウエル3の活性領域に形成されたn型半導体領域5、5(ソース領域、ドレイン領域)と、この活性領域の表面に形成されたゲート酸化膜6と、このゲート酸化膜6の上部に形成されたゲート電極7とで構成されている。転送用 $MISFET Q_{t1}, Q_{t2}$ のそれぞれのゲート電極7は、例えばn型多結晶シリコン膜とW(タンダステン)シリサイド(WSi_2)膜とを積層したポリサイド構造で構成され、ワード線WLと一体に構成されている。ワード線WLは、第1方向(図1および図4の左右方向)に延在して設けられ、一対の転送用 $MISFET Q_{t1}, Q_{t2}$ は、この第1方向に沿って互いに隣接して配置されている。また、一対の転送用 $MISFET Q_{t1}, Q_{t2}$ は、そのゲート長方向が第1方向と直交する第2方向(図1および図4の上下方向)と一致するように配置されている。

【0027】一対の駆動用 $MISFET Q_{d1}, Q_{d2}$ のそれぞれは、p型ウエル3の活性領域に形成されたn型半導体領域5、5(ソース領域、ドレイン領域)と、この活性領域の表面に形成されたゲート酸化膜6と、このゲート酸化膜6の上部に形成されたゲート電極8とで構成されている。駆動用 $MISFET Q_{d1}$ のn型半導体領域5(ドレイン領域)は、転送用 $MISFET Q_{t1}$ のn型半導体領域5(ソース領域、ドレイン領域の一方)と共通の活性領域に形成され、駆動用 $MISFET Q_{d2}$ のn型半導体領域5(ドレイン領域)は、転送用

$MISFET Q_{t2}$ のn型半導体領域5(ソース領域、ドレイン領域の一方)と共に活性領域に形成されている。駆動用 $MISFET Q_{d1}, Q_{d2}$ のそれぞれのゲート電極8は、例えばn型多結晶シリコン膜とWシリサイド膜とを積層したポリサイド構造で構成されている。

【0028】一対の負荷用 $MISFET Q_{p1}, Q_{p2}$ のそれぞれは、n型ウエル4の活性領域に形成されたp型半導体領域9、9(ソース領域、ドレイン領域)と、この活性領域の表面に形成されたゲート酸化膜6と、このゲート酸化膜6の上部に形成されたゲート電極8とで構成されている。負荷用 $MISFET Q_{p1}$ のゲート電極8は、前記駆動用 $MISFET Q_{d1}$ のゲート電極8と一緒に構成されており、負荷用 $MISFET Q_{p2}$ のゲート電極8は、前記駆動用 $MISFET Q_{d2}$ のゲート電極8と一緒に構成されている。

【0029】前記駆動用 $MISFET Q_{d1}$ は、前記第2方向において負荷用 $MISFET Q_{p1}$ と転送用 $MISFET Q_{t1}$ との間に配置され、前記駆動用 $MISFET Q_{d2}$ は、第2方向において負荷用 $MISFET Q_{p2}$ と転送用 $MISFET Q_{t2}$ との間に配置されている。一対の駆動用 $MISFET Q_{d1}, Q_{d2}$ および一対の負荷用 $MISFET Q_{p1}, Q_{p2}$ のそれぞれは、そのゲート長方向が前記第1方向と一致するように配置されている。

【0030】駆動用 $MISFET Q_{d1}, Q_{d2}$ および転送用 $MISFET Q_{t1}, Q_{t2}$ のそれぞれのn型半導体領域5、5(ソース領域、ドレイン領域)の表面には、n型半導体領域5、5のシート抵抗を低減する目的で T_i (チタン)シリサイド($TiSi_2$)層10が形成されている。同様に、負荷用 $MISFET Q_{p1}, Q_{p2}$ のそれぞれのp型半導体領域9、9(ソース領域、ドレイン領域)の表面にもp型半導体領域9、9のシート抵抗を低減する目的で T_i シリサイド層10が形成されている。

【0031】転送用 $MISFET Q_{t1}, Q_{t2}$ のゲート電極7(ワード線WL)および駆動用 $MISFET Q_{d1}, Q_{d2}$ (負荷用 $MISFET Q_{p1}, Q_{p2}$)のゲート電極8のそれぞれの側壁には、酸化シリコン膜からなるサイドウォールスペーサ11が形成されている。また、ゲート電極7(ワード線WL)、ゲート電極8のそれぞれの上部には酸化シリコン膜(キャップ絶縁膜)12が形成されている。

【0032】上記6個のMISFETの上部には、窒化シリコン膜13が形成されており、この窒化シリコン膜13の上部には一対の局所配線 L_1, L_2 の一方(局所配線 L_1)が形成されている。この局所配線 L_1 の一端部は、窒化シリコン膜13および酸化シリコン膜12に開孔された接続孔14を通じて、負荷用 $MISFET Q_{p2}$ および駆動用 $MISFET Q_{d2}$ に共通のゲート電極8と電気的に接続されている。局所配線 L_1 の他の一端

部は、窒化シリコン膜13に開孔された接続孔15を通じて、駆動用MISFETQd₁のn型半導体領域5(ドレイン領域)と電気的に接続されている。局所配線L₁のさらに他の一端部は、窒化シリコン膜13に開孔された接続孔16を通じて、負荷用MISFETQp₁のp型半導体領域9(ドレイン領域)と電気的に接続されている。すなわち、局所配線L₁は駆動用MISFETQd₂(負荷用MISFETQp₂)のゲート電極8と、駆動用MISFETQd₁のn型半導体領域5(ドレイン領域)と、負荷用MISFETQp₁のp型半導体領域9(ドレイン領域)とを互いに電気的に接続している。局所配線L₁は、例えばTiN(チタンナイトライド)膜からなる。局所配線L₁はTiNの他、Wなどの高融点金属や、Wシリサイドなどの高融点金属シリサイドで構成することもできる。

【0033】上記局所配線L₁の上部には、PSG(Phospho Silicate Glass)などの酸化シリコン系絶縁膜からなる第1層目の層間絶縁膜17を介在して一对の局所配線L₁, L₂の他方(局所配線L₂)が形成されている。この局所配線L₂の一端部は、層間絶縁膜17、窒化シリコン膜13および酸化シリコン膜12に開孔された接続孔18を通じて、負荷用MISFETQp₁および駆動用MISFETQd₁に共通のゲート電極8と電気的に接続されている。局所配線L₂の他の一端部は、層間絶縁膜17および窒化シリコン膜13に開孔された接続孔19を通じて、駆動用MISFETQd₂のn型半導体領域5(ドレイン領域)と電気的に接続されている。局所配線L₂のさらに他の一端部は、層間絶縁膜17および窒化シリコン膜13に開孔された接続孔20を通じて、負荷用MISFETQp₂のp型半導体領域9(ドレイン領域)と電気的に接続されている。すなわち、局所配線L₂は駆動用MISFETQd₁(負荷用MISFETQp₁)ゲート電極8と、駆動用MISFETQd₂のn型半導体領域5(ドレイン領域)と、負荷用MISFETQp₂のp型半導体領域9(ドレイン領域)とを互いに電気的に接続している。局所配線L₂は、例えば上下にTiNのバリアメタル層を設けたA1(アルミニウム)膜からなる。また、上記接続孔18、19、20の内部には、局所配線L₂とゲート電極8、n型半導体領域5およびp型半導体領域9との導通信頼性を確保するために、W膜などからなるプラグ29が埋め込まれている。

【0034】上記局所配線L₂の上部には、酸化シリコンからなる第2層目の層間絶縁膜21を介在して電源電圧線22および基準電圧線23が形成されている。電源電圧線22は、層間絶縁膜21、17および窒化シリコン膜13に開孔された接続孔24を通じて負荷用MISFETQp₁, Qp₂のそれぞれのp型半導体領域9(ソース領域)に電気的に接続され、これらのp型半導体領域9に電源電圧(Vcc)を供給する。また、基準電圧線

23は、層間絶縁膜21、17および窒化シリコン膜13に開孔された接続孔25を通じて駆動用MISFETTQd₁, Qd₂のそれぞれのn型半導体領域5(ソース領域)に電気的に接続され、これらのn型半導体領域5に基準電圧(Vss)を供給する。電源電圧線22および基準電圧線23は、例えば上下にTiNのバリアメタル層を形成したA1膜からなる。また、上記接続孔24、25の内部には、電源電圧線22とp型半導体領域9、基準電圧線23とn型半導体領域5との導通信頼性を確保するために、W膜などからなるプラグ37が埋め込まれている。

【0035】上記電源電圧線22および基準電圧線23の上部には、酸化シリコンからなる第3層目の層間絶縁膜26を介在して一对の相補性データ線(データ線DL、データ線/DL)が形成されている。相補性データ線の一方(データ線DL)は、層間絶縁膜26、21、17および窒化シリコン膜13に開孔された接続孔27を通じて転送用MISFETQt₁のn型半導体領域5(ソース領域、ドレイン領域の他方)に電気的に接続されている。また、相補性データ線の他方(データ線/DL)は、層間絶縁膜26、21、17および窒化シリコン膜13に開孔された接続孔27を通じて転送用MISFETQt₂のn型半導体領域5(ソース領域、ドレイン領域の他方)に電気的に接続されている。データ線DLおよびデータ線/DLは、例えば上下にTiNのバリアメタル層を形成したA1膜からなる。図示はしないが、上記接続孔27、27の内部には、データ線(DL、/DL)とn型半導体領域5との導通信頼性を確保するためにW膜などからなるプラグが埋め込まれている。

【0036】このように、本実施の形態のSRAMは、メモリセルのフリップフロップ回路の入出力端子間を交差結合する一对の局所配線L₁, L₂を異なる導電層に形成する。この構成により、一对の局所配線を同一の導電層に形成する場合には必要となる2本の局所配線を横に並べて配置するスペースが不要となり、局所配線L₁, L₂同士を部分的に重なり合うように配置することが可能となるので、メモリセルの占有面積を縮小することができる。

【0037】次に、本実施の形態のSRAMのメモリセルの製造方法を図6～図32を用いて説明する。なお、メモリセルの製造方法を示す各図のうち、断面図(a)は平面図のA-A'線に対応し、断面図(b)は平面図のB-B'線に対応している。また、各平面図には導電層と接続孔のみを示し、絶縁膜の図示は省略する。

【0038】まず、図6および図7に示すように、p型単結晶シリコンからなる半導体基板1の正面の活性領域ARの周囲(素子分離領域)に溝30を形成する。この溝30は、半導体基板1上に酸化シリコン膜31と窒化シリコン膜32とを順次堆積した後、フォトレジスト

をマスクにして窒化シリコン膜32、酸化シリコン膜31および半導体基板1を順次ドライエッティングして形成する。

【0039】次に、図8に示すように、溝30の内部に酸化シリコン膜36を埋め込んで素子分離溝2を形成する。素子分離溝2は、溝30の内部を含む半導体基板1上にCVD(Chemical Vapor Deposition)法で酸化シリコン膜36を厚く堆積した後、窒化シリコン膜32をエッティングストップ用に、酸化シリコン膜36をエッチャック(あるいは化学的機械研磨(CMP))により除去して形成する。

【0040】次に、活性領域ARの表面に残った窒化シリコン膜32および酸化シリコン膜31をエッティングで除去した後、図9および図10に示すように、駆動用MISFETQd₁, Qd₂および転送用MISFETQt₁, Qt₂を形成する活性領域ARの半導体基板1にp型不純物(ホウ素)をイオン打ち込みしてp型ウエル3を形成し、負荷用MISFETQp₁, Qp₂を形成する活性領域ARの半導体基板1にn型不純物(リンまたはヒ素)をイオン打ち込みしてn型ウエル4を形成する。その後、p型ウエル3およびn型ウエル4のそれぞれの表面を熱酸化してゲート酸化膜6を形成する。

【0041】次に、図11に示すように、半導体基板1上にCVD法でn型多結晶シリコン膜33、Wシリサイド膜34および酸化シリコン膜12を順次堆積した後、図12および図13に示すように、フォトレジストをマスクにしたドライエッティングで酸化シリコン膜12、Wシリサイド膜34およびn型多結晶シリコン膜33をパターニングすることにより、転送用MISFETQt₁, Qt₂のゲート電極7(ワード線WL)および駆動用MISFETQd₁, Qd₂(負荷用MISFETQp₁, Qp₂)のゲート電極8、8を形成する。

【0042】次に、図14および図15に示すように、p型ウエル3にn型不純物(リンまたはヒ素)をイオン打ち込みして転送用MISFETQt₁, Qt₂および駆動用MISFETQd₁, Qd₂のn型半導体領域5、5(ソース領域、ドレイン領域)を形成し、n型ウエル4にp型不純物(ホウ素)をイオン打ち込みして負荷用MISFETQp₁, Qp₂のp型半導体領域9、9(ソース領域、ドレイン領域)を形成した後、半導体基板1上にCVD法で堆積した酸化シリコン膜を異方性エッティングすることにより、転送用MISFETQt₁, Qt₂のゲート電極7(ワード線WL)および駆動用MISFETQd₁, Qd₂(負荷用MISFETQp₁, Qp₂)のゲート電極8、8のそれぞれの側壁にサイドウォールスペーサ11を形成する。

【0043】次に、駆動用MISFETQd₁, Qd₂および転送用MISFETQt₁, Qt₂のそれぞれのn型半導体領域5、5(ソース領域、ドレイン領域)の表面を覆うゲート酸化膜6と、負荷用MISFETQp₁, Qp₂

p₂のp型半導体領域9、9(ソース領域、ドレイン領域)の表面を覆うゲート酸化膜6とをエッティングで除去した後、図16に示すように、半導体基板1上にスパッタリング法でTi膜35を堆積する。

【0044】次に、半導体基板1をアニール(熱処理)してTi膜35と半導体基板1(n型半導体領域5、p型半導体領域9)とを反応させた後、未反応のTi膜35をエッティングで除去することにより、図17および図18に示すように、n型半導体領域5およびp型半導体領域9の表面にTiシリサイド層10を形成する。その後、必要に応じて半導体基板1をアニールし、Tiシリサイド層10を低抵抗化する。また、半導体基板1上にスパッタリング法でCo(コバルト)膜を堆積し、半導体基板1(n型半導体領域5、p型半導体領域9)とCo膜とを反応させてCoシリサイド層を形成してもよい。

【0045】次に、図19および図20に示すように、半導体基板1上にCVD法で膜厚30nm程度の薄い窒化シリコン膜13を堆積した後、フォトレジストをマスクにしたドライエッティングで駆動用MISFETQd₂(負荷用MISFETQp₂)のゲート電極8の上部の窒化シリコン膜13および酸化シリコン膜12を開孔して接続孔14を形成する。同時に、駆動用MISFETQd₁のn型半導体領域5(ドレイン領域)の上部の窒化シリコン膜13をエッティングで除去して接続孔15を形成し、負荷用MISFETQp₁のp型半導体領域9(ドレイン領域)の上部の窒化シリコン膜13をエッティングで除去して接続孔16を形成する。

【0046】次に、図21および図22に示すように、窒化シリコン膜13の上部に局所配線L₁を形成する。局所配線L₁は、半導体基板1上にスパッタリング法またはCVD法で堆積した膜厚100nm程度のTiN膜を、フォトレジストをマスクにしたドライエッティングでパターニングして形成する。局所配線L₁は、接続孔14を通じて負荷用MISFETQp₂および駆動用MISFETQd₂に共通のゲート電極8と接続され、接続孔15を通じて駆動用MISFETQd₁のn型半導体領域5(ドレイン領域)と接続され、接続孔16を通じて負荷用MISFETQp₁のp型半導体領域9(ドレイン領域)に接続される。

【0047】次に、図23および図24に示すように、局所配線L₁の上部にCVD法でPSGからなる層間絶縁膜17を堆積した後、フォトレジストをマスクにしたドライエッティングで駆動用MISFETQd₁(負荷用MISFETQp₁)のゲート電極8の上部の層間絶縁膜17、窒化シリコン膜13および酸化シリコン膜12を開孔して接続孔18を形成する。同時に、駆動用MISFETQd₂のn型半導体領域5(ドレイン領域)の上部の層間絶縁膜17および窒化シリコン膜13をエッティングで除去して接続孔19を形成し、負荷用MISFETQp₂

E T Q p₂ の p 型半導体領域 9 (ドレイン領域) の上部の層間絶縁膜 1 7 および窒化シリコン膜 1 3 をエッティングで除去して接続孔 2 0 を形成する。

【0048】次に、図 25 および図 26 に示すように、接続孔 1 8、1 9、2 0 の内部に W 膜を埋め込んでプラグ 2 9 を形成した後、層間絶縁膜 1 7 の上部に局所配線 L₂ を形成する。W 膜の埋込みは、層間絶縁膜 1 7 上にスパッタリング法で堆積した W 膜をエッチバックして行う。また、局所配線 L₂ は、層間絶縁膜 1 7 上にスパッタリング法で T i N 膜、A 1 膜、T i N 膜を順次堆積した後、フォトレジストをマスクにしたドライエッティングでこれらの膜をパターニングして形成する。局所配線 L₂ は、接続孔 1 8 を通じて負荷用 M I S F E T Q p₁ および駆動用 M I S F E T Q d₁ に共通のゲート電極 8 と接続され、接続孔 1 9 を通じて駆動用 M I S F E T Q d₂ の n 型半導体領域 5 (ドレイン領域) と接続され、接続孔 2 0 を通じて負荷用 M I S F E T Q p₂ の p 型半導体領域 9 (ドレイン領域) に接続される。

【0049】次に、図 27、図 28 および図 29 に示すように、局所配線 L₂ の上部に C V D 法で酸化シリコンからなる層間絶縁膜 2 1 を堆積した後、フォトレジストをマスクにしたドライエッティングで負荷用 M I S F E T Q p₁, Q p₂ のそれぞれの p 型半導体領域 9、9 (ソース領域) の上部の層間絶縁膜 2 1、1 7 および窒化シリコン膜 1 3 を開孔して接続孔 2 4、2 4 を形成する。同時に、駆動用 M I S F E T Q d₁, Q d₂ のそれぞれの n 型半導体領域 5、5 (ソース領域) の上部の層間絶縁膜 2 1、1 7 および窒化シリコン膜 1 3 を開孔して接続孔 2 5、2 5 を形成する。

【0050】次に、接続孔 2 4、2 5 の内部に W 膜を埋め込んでプラグ 3 7 を形成した後、図 30、図 31 および図 32 に示すように、層間絶縁膜 2 1 の上部に電源電圧線 2 2 および基準電圧線 2 3 を形成する。電源電圧線 2 2 および基準電圧線 2 3 は、層間絶縁膜 2 1 上にスパッタリング法で T i N 膜、A 1 膜、T i N 膜を順次堆積した後、フォトレジストをマスクにしたドライエッティングでこれらの膜をパターニングして形成する。電源電圧線 2 2 は、上記接続孔 2 4、2 4 を通じて負荷用 M I S F E T Q p₁, Q p₂ のそれぞれの p 型半導体領域 9、9 (ソース領域) に接続され、基準電圧線 2 3 は、上記接続孔 2 5、2 5 を通じて駆動用 M I S F E T Q d₁, Q d₂ のそれぞれの n 型半導体領域 5、5 (ソース領域) に接続される。

【0051】その後、電源電圧線 2 2 および基準電圧線 2 3 の上部に C V D 法で酸化シリコンからなる層間絶縁膜 2 6 を堆積した後、フォトレジストをマスクにしたドライエッティングで転送用 M I S F E T Q t₁, Q t₂ のそれぞれの n 型半導体領域 5、5 (ドレイン領域) の上部の層間絶縁膜 2 6、2 1、1 7 および窒化シリコン膜 1 3 を開孔して接続孔 2 7、2 7 を形成し、続いて接続孔

2 7、2 7 の内部に W 膜を埋め込んでプラグを形成した後、層間絶縁膜 2 6 の上部にデータ線 D L、/ D L を形成する。データ線 D L、/ D L は、層間絶縁膜 2 6 上にスパッタリング法で T i N 膜、A 1 膜、T i N 膜を順次堆積した後、フォトレジストをマスクにしたドライエッティングでこれらの膜をパターニングして形成する。データ線 D L は、接続孔 2 7、2 7 の一方を通じて転送用 M I S F E T Q t₁ の n 型半導体領域 5 (ドレイン領域) に接続され、データ線 / D L は、接続孔 2 7、2 7 の他方を通じて転送用 M I S F E T Q t₂ の n 型半導体領域 5 (ドレイン領域) に接続される。以上の工程により、前記図 1 ～図 4 に示すメモリセルが完成する。

【0052】(実施の形態 2) 図 33 は、本実施の形態の S R A M のメモリセルを示す平面図、図 34 は、図 33 の A-A' 線に沿った断面図、図 35 は、図 33 の B-B' 線に沿った断面図、図 36 は、本実施の形態の S R A M のメモリセルの等価回路図である。

【0053】図示のように、本実施の形態の S R A M は、前記実施の形態 1 の S R A M と同様に、メモリセルのフリップフロップ回路の入出力端子間に交差結合する一对の局所配線 L₁, L₂ を異なる導電層に形成している。また、本実施の形態の S R A M は、上層の局所配線 L₂ と下層の局所配線 L₁ とを広い面積で重なり合うように配置し、局所配線 L₁, L₂ とそれらの間に介在する薄い絶縁膜 (窒化シリコン膜 4 2) とで容量素子 C を構成している。すなわち、上層の局所配線 L₂ は容量素子 C の一方の電極を構成し、下層の局所配線 L₁ は他方の電極を構成し、絶縁膜 (窒化シリコン膜 4 2) は誘電体膜を構成している。

【0054】本実施の形態の S R A M のメモリセルの製造方法を図 37 ～図 48 を用いて説明する。なお、メモリセルの製造方法を示す各図のうち、断面図 (a) は平面図の A-A' 線に対応し、断面図 (b) は平面図の B-B' 線に対応している。また、各平面図には導電層と接続孔のみを示し、絶縁膜の図示は省略する。

【0055】まず、前記実施の形態 1 の図 6 ～図 18 に示す製造方法に従い、半導体基板 1 の主面に素子分離溝 2、p 型ウエル 3、n 型ウエル 4 およびゲート酸化膜 6 を形成した後、p 型ウエル 3 に駆動用 M I S F E T Q d₁, Q d₂ および転送用 M I S F E T Q t₁, Q t₂ を形成し、n 型ウエル 4 に負荷用 M I S F E T Q p₁, Q p₂ を形成する。また、転送用 M I S F E T Q t₁, Q t₂ および駆動用 M I S F E T Q d₁, Q d₂ の n 型半導体領域 5、5 (ソース領域、ドレイン領域) の表面にシート抵抗を低減する目的で T i シリサイド層 1 0 を形成する。

【0056】次に、図 37 および図 38 に示すように、半導体基板 1 上に C V D 法で膜厚 5 0 nm 程度の薄い窒化シリコン膜 1 3 を堆積した後、フォトレジストをマスク

にしたドライエッティングで駆動用M I S F E T Q d₂（負荷用M I S F E T Q p₂）のゲート電極8の上部の窒化シリコン膜13および酸化シリコン膜12を開孔して接続孔14を形成する。同時に、駆動用M I S F E T Q d₁のn型半導体領域5（ドレイン領域）の上部の窒化シリコン膜13をエッティングで除去して接続孔40を形成し、負荷用M I S F E T Q p₁のp型半導体領域9（ドレイン領域）の上部の窒化シリコン膜13をエッティングで除去して接続孔41を形成する。

【0057】次に、図39および図40に示すように、窒化シリコン膜13の上部に局所配線L₁を形成する。局所配線L₁は、窒化シリコン膜13上にスパッタリング法またはCVD法で堆積した膜厚100nm程度のT_iN膜を、フォトレジストをマスクにしたドライエッティングでパターニングして形成する。この局所配線L₁は、メモリセルを構成する6個のM I S F E Tを覆うように広い面積で形成する。すなわち、局所配線L₁は、駆動用M I S F E T Q d₁（負荷用M I S F E T Q p₁）のゲート電極8、駆動用M I S F E T Q d₂（負荷用M I S F E T Q p₂）のゲート電極8、転送用M I S F E T Q t₁, Q t₂のゲート電極7（ワード線WL）、転送用M I S F E T Q t₁, Q t₂と駆動用M I S F E T Q d₁, Q d₂に共通のn型半導体領域5（ソース領域、ドレイン領域の一方）および負荷用M I S F E T Q p₁, Q p₂のp型半導体領域9（ドレイン領域）のそれぞれの上部に配置され、これらを覆うように形成される。

【0058】局所配線L₁は、接続孔14を通じて駆動用M I S F E T Q d₂（負荷用M I S F E T Q p₂）のゲート電極8と接続され、接続孔40を通じて駆動用M I S F E T Q d₁のn型半導体領域5（ドレイン領域）と接続され、接続孔41を通じて負荷用M I S F E T Q p₁のp型半導体領域9（ドレイン領域）と接続される。

【0059】次に、図41および図42に示すように、局所配線L₁の上部にCVD法で膜厚30nm程度の窒化シリコン膜42を堆積した後、フォトレジストをマスクにしたドライエッティングで駆動用M I S F E T Q d₁（負荷用M I S F E T Q p₁）のゲート電極8の上部の窒化シリコン膜17、13および酸化シリコン膜12を開孔して接続孔18を形成する。同時に、駆動用M I S F E T Q d₂のn型半導体領域5（ドレイン領域）の上部の窒化シリコン膜17、13をエッティングで除去して接続孔19を形成し、負荷用M I S F E T Q p₂のp型半導体領域9（ドレイン領域）の上部の窒化シリコン膜17、13をエッティングで除去して接続孔20を形成する。

【0060】次に、図43および図44に示すように、窒化シリコン膜42の上部に局所配線L₂を形成する。局所配線L₂は、スパッタリング法またはCVD法で堆積した膜厚100nm程度のT_iN膜を、フォトレジスト

をマスクにしたドライエッティングでパターニングして形成する。局所配線L₂はT_iNの他、Wなどの高融点金属や、Wシリサイドなどの高融点金属シリサイドで構成することもできる。局所配線L₂は、接続孔18を通じて駆動用M I S F E T Q d₁（負荷用M I S F E T Q p₁）のゲート電極8と接続され、接続孔19を通じて駆動用M I S F E T Q d₂のn型半導体領域5（ドレイン領域）と接続され、接続孔20を通じて負荷用M I S F E T Q p₂のp型半導体領域9（ドレイン領域）と接続される。

【0061】局所配線L₂は、下層の局所配線L₁の上部において、メモリセルを構成する6個のM I S F E Tを覆うように広い面積で形成し、接続孔18、19、20の開孔領域とその合わせ余裕領域とを除いた領域において局所配線L₁とほぼ完全に重なるようにする。これにより、局所配線L₁, L₂（電極）とそれらの間に介在する、局所配線L₁, L₂よりも薄い膜厚の窒化シリコン膜42（誘電体膜）とで容量素子Cを形成し、しかもこの容量素子Cの電荷を大きくすることができるので、蓄積ノードの電荷蓄積量を増やすことができる。また、局所配線L₁, L₂の間に介在する薄い絶縁膜を五酸化タンタル（Ta₂O₅）などの高誘電体材料で構成することにより、蓄積ノードの電荷蓄積量をさらに増やすこともできる。

【0062】次に、図45および図46に示すように、局所配線L₂の上部にCVD法で酸化シリコンからなる層間絶縁膜21を堆積した後、フォトレジストをマスクにしたドライエッティングで負荷用M I S F E T Q p₁, Q p₂のそれぞれのp型半導体領域9、9（ソース領域）の上部の層間絶縁膜21および窒化シリコン膜17、13を開孔して接続孔24、24を形成する。同時に、駆動用M I S F E T Q d₁, Q d₂のそれぞれのn型半導体領域5、5（ソース領域）の上部の層間絶縁膜21および窒化シリコン膜17、13を開孔して接続孔25、25を形成する。

【0063】次に、図47および図48に示すように、接続孔24、25の内部にW膜を埋め込んでプラグ29を形成した後、層間絶縁膜21の上部に電源電圧線22および基準電圧線23を形成する。電源電圧線22および基準電圧線23は、層間絶縁膜21上にスパッタリング法でT_iN膜、A1膜、T_iN膜を順次堆積した後、これらをパターニングして形成する。

【0064】その後、電源電圧線22および基準電圧線23の上部にCVD法で酸化シリコンからなる層間絶縁膜26を堆積した後、フォトレジストをマスクにしたドライエッティングで転送用M I S F E T Q t₁, Q t₂のそれぞれのn型半導体領域5、5（ドレイン領域）の上部の層間絶縁膜26、21および窒化シリコン膜17、13を開孔して接続孔27、27を形成し、続いて接続孔

27、27の内部にW膜を埋め込んでプラグを形成した後、層間絶縁膜26の上部にデータ線D L、／D Lを形成する。データ線D L、／D Lは、層間絶縁膜26上にスパッタリング法でT i N膜、A 1膜、T i N膜を順次堆積した後、これらをパターニングして形成する。以上の工程により、前記図33～図35に示すメモリセルが完成する。

【0065】(実施の形態3) 本実施の形態のS R A Mは、メモリセルのフリップフロップ回路の入出力端子間を交差結合する一対の局所配線L₁、L₂を同一の導電層に形成している。このS R A Mのメモリセルの製造方法を図49～図63を用いて説明する。なお、メモリセルの製造方法を示す各図のうち、断面図は平面図のC-C'線に対応している。また、各平面図には導電層と接続孔のみを示し、絶縁膜の図示は省略する。

【0066】まず、図49および図50に示すように、半導体基板1の正面にp型ウエル3およびn型ウエル4を形成し、次いでそれらの表面に素子分離用のフィールド酸化膜28およびM I S F E Tのゲート酸化膜6を形成した後、p型ウエル3に駆動用M I S F E T Q d₁、Q d₂および転送用M I S F E T Q t₁、Q t₂を形成し、n型ウエル4に負荷用M I S F E T Q p₁、Q p₂を形成する。転送用M I S F E T Q t₁、Q t₂のゲート電極7(ワード線WL)および駆動用M I S F E T Q d₁、Q d₂(負荷用M I S F E T Q p₁、Q p₂)のゲート電極8、8は、膜厚300nm程度の多結晶シリコン膜で構成する。ゲート電極7(ワード線WL)およびゲート電極8のそれぞれの側壁のサイドウォールスペーサ11は、酸化シリコン膜をエッチングして形成する。

【0067】次に、図51および図52に示すように、転送用M I S F E T Q t₁、Q t₂のゲート電極7(ワード線WL)、駆動用M I S F E T Q d₁、Q d₂(負荷用M I S F E T Q p₁、Q p₂)のゲート電極8、8、転送用M I S F E T Q t₁、Q t₂および駆動用M I S F E T Q d₁、Q d₂のそれぞれのn型半導体領域5、5(ソース領域、ドレイン領域)、負荷用M I S F E T Q p₁、Q p₂のそれぞれのp型半導体領域9、9(ソース領域、ドレイン領域)のそれぞれの表面にシート抵抗を低減する目的でT iシリサイド層10を形成する。

【0068】T iシリサイド層10を形成するには、ゲート電極7(ワード線WL)およびゲート電極8のそれぞれの表面を覆う酸化シリコン膜12と、駆動用M I S F E T Q d₁、Q d₂および転送用M I S F E T Q t₁、Q t₂のそれぞれのn型半導体領域5、5(ソース領域、ドレイン領域)の表面を覆うゲート酸化膜6と、負荷用M I S F E T Q p₁、Q p₂のそれぞれのp型半導体領域9、9(ソース領域、ドレイン領域)の表面を覆うゲート酸化膜6とをエッチングで除去した後、半導体基板1上にスパッタリング法でT i膜を堆積し、次いで半導体基板1をアニールしてT i膜と半導体基板1(n型半導

体領域5、p型半導体領域9)、T i膜と多結晶シリコン膜(ゲート電極7、8)をそれぞれ反応させた後、未反応のT i膜をエッチングで除去する。

【0069】次に、図53および図54に示すように、半導体基板1上にC V D法で膜厚30nm程度の薄い窒化シリコン膜13を堆積した後、フォトレジストをマスクにして窒化シリコン膜13をドライエッチングすることにより、駆動用M I S F E T Q d₁のn型半導体領域5(ドレイン領域)と駆動用M I S F E T Q d₂(負荷用M I S F E T Q p₂)のゲート電極8とにまたがる接続孔43、負荷用M I S F E T Q p₂のp型半導体領域9(ドレイン領域)と駆動用M I S F E T Q d₁(負荷用M I S F E T Q p₁)のゲート電極8とにまたがる接続孔44をそれぞれ形成する。同時に、駆動用M I S F E T Q d₂のn型半導体領域5(ドレイン領域)の上部に接続孔45を形成し、負荷用M I S F E T Q p₁のp型半導体領域9(ドレイン領域)の上部に接続孔46を形成する。このとき、フィールド酸化膜28の表面は窒化シリコン膜13で覆われているので、このドライエッチングでフィールド酸化膜28が削れることはない。

【0070】次に、図55および図56に示すように、窒化シリコン膜13の上部にT i N膜からなる一対の局所配線L₁、L₂を形成する。局所配線L₁、L₂を形成するには、窒化シリコン膜13上にスパッタリング法またはC V D法で膜厚50～100nm程度のT i N膜を堆積し、次いでこのT i N膜上にC V D法で膜厚100nm程度の窒化シリコン膜47を堆積した後、フォトレジストをマスクにしたドライエッチングで窒化シリコン膜47およびT i N膜をパターニングする。局所配線L₁、L₂はT i Nの他、Wなどの高融点金属や、Wシリサイドなどの高融点金属シリサイドで構成することもできる。

【0071】局所配線L₁は、駆動用M I S F E T Q d₁(負荷用M I S F E T Q p₁)のゲート電極8と、転送用M I S F E T Q t₁、Q t₂のゲート電極7(ワード線WL)とに重なるように配置し、局所配線L₂は、駆動用M I S F E T Q d₂(負荷用M I S F E T Q p₂)のゲート電極8と、転送用M I S F E T Q t₁、Q t₂のゲート電極7(ワード線WL)とに重なるように配置する。この構成により、局所配線L₁とゲート電極8との間に介在する薄い窒化シリコン膜13とで容量素子C'が形成され、また局所配線L₂とゲート電極8との間に介在する窒化シリコン膜13とで容量素子C'が形成されるので、蓄積ノードの電荷蓄積容量を増やしてメモリセルのα線ソフトエラー耐性を向上させることができる。これらの容量素子C'は、前記実施の形態2(図36)の容量素子Cと実効的に等しい働きをする。

【0072】局所配線L₁は、接続孔43を通じて駆動用M I S F E T Q d₁のn型半導体領域5(ドレイン領域)と駆動用M I S F E T Q d₂(負荷用M I S F E T Q p₂)のゲート電極8とに接続され、接続孔46を通

じて負荷用M I S F E T Q p₁ のp型半導体領域9（ドレイン領域）に接続される。つまり、駆動用M I S F E T Q d₂（負荷用M I S F E T Q p₂）のゲート電極8と、駆動用M I S F E T Q d₁のn型半導体領域5（ドレイン領域）と、負荷用M I S F E T Q p₁のp型半導体領域9（ドレイン領域）とは局所配線L₁を介して互いに接続される。

【0073】局所配線L₂は、接続孔44を通じて負荷用M I S F E T Q p₂のp型半導体領域9（ドレイン領域）と駆動用M I S F E T Q d₁（負荷用M I S F E T Q p₁）のゲート電極8とに接続され、接続孔45を通じて駆動用M I S F E T Q d₂のn型半導体領域5（ドレイン領域）に接続される。つまり、駆動用M I S F E T Q d₁（負荷用M I S F E T Q p₁）のゲート電極8と、駆動用M I S F E T Q d₂のn型半導体領域5（ドレイン領域）と、負荷用M I S F E T Q p₂のp型半導体領域9（ドレイン領域）とは局所配線L₂を介して互いに接続される。

【0074】次に、図57に示すように、窒化シリコン膜47の上部にCVD法で膜厚200nm程度の窒化シリコン膜53を堆積した後、図58に示すように、この窒化シリコン膜53をRIE(Reactive Ion Etching)などの異方性エッチングで加工することにより、ゲート電極7（ワード線WL）、ゲート電極8および局所配線L₁、L₂のそれぞれの側壁にサイドウォールスペーサ48を形成する。

【0075】次に、図59および図60に示すように、窒化シリコン膜47およびサイドウォールスペーサ48の上部に、窒化シリコン膜47、53（サイドウォールスペーサ48）とはエッチング速度が異なる、例えばPSGのような酸化シリコン系の層間絶縁膜49をCVD法で堆積した後、フォトレジストをマスクにしたドライエッチングで負荷用M I S F E T Q p₁、Q p₂のそれぞれのp型半導体領域9、9（ソース領域）の上部の層間絶縁膜49を開孔して接続孔50、50を形成する。同時に、駆動用M I S F E T Q d₁、Q d₂のそれぞれのn型半導体領域5、5（ソース領域）の上部の層間絶縁膜49を開孔して接続孔51、51を形成し、転送用M I S F E T Q t₁、Q t₂のそれぞれのn型半導体領域5、5（ソース領域、ドレイン領域の他方）の上部の層間絶縁膜49を開孔して接続孔52、52を形成する。

【0076】PSGからなる層間絶縁膜49をエッチングして接続孔50、51、52を形成する上記の工程では、局所配線L₁、L₂の上部に形成された窒化シリコン膜47や、ゲート電極7（ワード線WL）、ゲート電極8および局所配線L₁、L₂のそれぞれの側壁に形成された窒化シリコンからなるサイドウォールスペーサ48は、層間絶縁膜49とはエッチング速度が異なるので、ほとんどエッチングされない。

【0077】そのため、層間絶縁膜49をエッチングし

て接続孔50、51、52を形成する際に用いるフォトレジストマスクと、TiN膜をエッチングして局所配線L₁、L₂を形成する際に用いたフォトレジストマスクの合わせずれに起因して接続孔50、51、52と局所配線L₁、L₂との間に位置ずれが生じ、その結果、接続孔50、51、52のいずれかと局所配線L₁または局所配線L₂とが一部で重なり合った場合でも、層間絶縁膜49をエッチングした際に局所配線L₁または局所配線L₂が接続孔50、51、52のいずれかの側壁に露出することがないので、後の工程で接続孔50、51、52の内部に堆積される導電膜と局所配線L₁または局所配線L₂とが短絡するようなことはない。

【0078】また、層間絶縁膜49をエッチングして接続孔50、51、52を形成する際に用いるフォトレジストマスクと、多結晶シリコン膜をエッチングしてゲート電極7（ワード線WL）およびゲート電極8を形成する際に用いたフォトレジストマスクの合わせずれに起因して接続孔50、51、52とゲート電極7（ワード線WL）およびゲート電極8との間に位置ずれが生じ、その結果、接続孔50、51、52のいずれかとゲート電極7（ワード線WL）またはゲート電極8とが一部で重なり合った場合でも、層間絶縁膜49をエッチングした際にゲート電極8が接続孔50または接続孔51の側壁に露出したり、ゲート電極7（ワード線WL）が接続孔52の側壁に露出したりすることができないため、後の工程で接続孔50、51、52の内部に堆積される導電膜とゲート電極7（ワード線WL）あるいはゲート電極8とが短絡するようなことはない。

【0079】つまり、本実施の形態の製造方法によれば、接続孔50、51、52をレイアウトする際に接続孔50、51、52と局所配線L₁、L₂との合わせ余裕、および接続孔50、51、52とゲート電極7（ワード線WL）、ゲート電極8との合わせ余裕を考慮する必要がない。これにより、これらの合わせ余裕に相当する分、接続孔50、51、52を局所配線L₁、L₂、ゲート電極7（ワード線WL）およびゲート電極8に近接させてレイアウトすることができるるので、第1方向およびこれと直交する第2方向のいずれの方向においてもメモリセルの占有面積を縮小することができる。

【0080】層間絶縁膜49をエッチングする際にサイドウォールスペーサ48をエッチングストップとして機能させるためには、サイドウォールスペーサ48を構成する窒化シリコン膜53の膜厚を、上記したフォトレジストマスクの合わせ余裕よりも大きくする必要がある。例えば接続孔50、51、52と局所配線L₁、L₂との合わせ余裕と、接続孔50、51、52とゲート電極7（ワード線WL）、ゲート電極8との合わせ余裕の合計が200nm程度であれば、窒化シリコン膜53の膜厚を少なくとも200nm程度とする。

【0081】次に、接続孔50、51、52の底部の薄

い窒化シリコン膜13をエッチングで除去した後、図61および図62に示すように、層間絶縁膜49の上部に電源電圧線22、基準電圧線23および中間配線54を形成する。電源電圧線22、基準電圧線23および中間配線54は、層間絶縁膜49上にスパッタリング法でW膜、A1膜、W膜を順次堆積した後、これらの膜をパターニングして形成する。接続孔50、51、52の内部には、必要に応じてW膜などからなるプラグを形成してもよい。

【0082】次に、図63および図64に示すように、電源電圧線22、基準電圧線23および中間配線54の上部にCVD法で酸化シリコンからなる層間絶縁膜26を堆積し、フォトレジストをマスクにしたドライエッチングで中間配線54の上部の層間絶縁膜26を開孔して接続孔55を形成した後、層間絶縁膜26の上部にデータ線DL、／DLを形成する。データ線DL、／DLは、層間絶縁膜26上にスパッタリング法でTiN膜、A1膜、TiN膜を順次堆積した後、これらをパターニングして形成する。

【0083】(実施の形態4) 本実施の形態のSRAMは、前記実施の形態3のSRAMと同様、一对の局所配線L₁、L₂を同一の導電層に形成している。このSRAMのメモリセルの製造方法を図65～図82を用いて説明する。

【0084】まず、図65および図66に示すように、半導体基板1の正面にp型ウエル3およびn型ウエル4を形成し、次いでそれらの表面に素子分離用のフィールド酸化膜28およびMISFETのゲート酸化膜6を形成した後、p型ウエル3に駆動用MISFETQd₁、Qd₂および転送用MISFETQt₁、Qt₂を形成し、n型ウエル4に負荷用MISFETQp₁、Qp₂を形成する。転送用MISFETQt₁、Qt₂のゲート電極7(ワード線WL)および駆動用MISFETQd₁、Qd₂(負荷用MISFETQp₁、Qp₂)のゲート電極8、8は、多結晶シリコン膜で構成する。ゲート電極7(ワード線WL)およびゲート電極8のそれぞれの上部を覆う絶縁膜(キャップ絶縁膜)は窒化シリコン膜56で構成する。この窒化シリコン膜56は、後述する窒化シリコン膜13よりも厚い膜厚(30nm程度以上)で堆積する。ゲート電極7(ワード線WL)およびゲート電極8のそれぞれの側壁のサイドウォールスペーサ11は、酸化シリコン膜を異方性エッチングして形成する。

【0085】次に、図67および図68に示すように、駆動用MISFETQd₁(負荷用MISFETQp₁)のゲート電極8の上部の窒化シリコン膜56をエッチングして接続孔57を形成し、駆動用MISFETQd₂(負荷用MISFETQp₂)のゲート電極8の上部の窒化シリコン膜56をエッチングして接続孔58を形成する。接続孔57は、後の工程で局所配線L₂と接続される領域に形成し、接続孔58は、後の工程で局

所配線L₁と接続される領域に形成する。

【0086】次に、図69および図70に示すように、接続孔57の底部に露出した駆動用MISFETQd₁(負荷用MISFETQp₁)のゲート電極8、接続孔58の底部に露出した駆動用MISFETQd₂(負荷用MISFETQp₂)のゲート電極8、転送用MISFETQt₁、Qt₂のn型半導体領域5、5(ソース領域、ドレイン領域)、駆動用MISFETQd₁、Qd₂のn型半導体領域5、5(ソース領域、ドレイン領域)、負荷用MISFETQp₁、Qp₂のp型半導体領域9、9(ソース領域、ドレイン領域)のそれぞれの表面にTiシリサイド層10を形成する。

【0087】Tiシリサイド層10を形成するには、駆動用MISFETQd₁、Qd₂および転送用MISFETQt₁、Qt₂のそれぞれのn型半導体領域5、5(ソース領域、ドレイン領域)の表面を覆うゲート酸化膜6と、負荷用MISFETQp₁、Qp₂のそれぞれのp型半導体領域9、9(ソース領域、ドレイン領域)の表面を覆うゲート酸化膜6とをエッチングで除去した後、半導体基板1上にスパッタリング法でTi膜を堆積し、次いで半導体基板1をアニールしてTi膜と半導体基板1(n型半導体領域5、p型半導体領域9)、Ti膜と多結晶シリコン膜(接続孔57、58の底部に露出したゲート電極8)とをそれぞれ反応させた後、未反応のTi膜をエッチングで除去する。

【0088】次に、図71および図72に示すように、半導体基板1上にCVD法で膜厚30nm程度の薄い窒化シリコン膜13を堆積した後、フォトレジストをマスクにして窒化シリコン膜13をドライエッチングすることにより、駆動用MISFETQd₁のn型半導体領域5(ドレイン領域)と駆動用MISFETQd₂(負荷用MISFETQp₂)のゲート電極8とにまたがる接続孔43、負荷用MISFETQp₂のp型半導体領域9(ドレイン領域)と駆動用MISFETQd₁(負荷用MISFETQp₁)のゲート電極8とにまたがる接続孔44をそれぞれ形成する。同時に、駆動用MISFETQd₂のn型半導体領域5(ドレイン領域)の上部に接続孔45を形成し、負荷用MISFETQp₁のp型半導体領域9(ドレイン領域)の上部に接続孔46を形成する。

【0089】駆動用MISFETQd₁(負荷用MISFETQp₁)のゲート電極8の上部にはあらかじめ接続孔58が形成されているので、接続孔43は、その一部がゲート電極8の上部で接続孔58と重なり合う。同様に、駆動用MISFETQd₂(負荷用MISFETQp₂)のゲート電極8の上部にはあらかじめ接続孔57が形成されているので、接続孔44は、その一部がゲート電極8の上部で接続孔57と重なり合う。

【0090】つまり、本実施の形態の製造方法によれば、接続孔43、44、45、46をレイアウトする際

に、これらの接続孔43～46とゲート電極8との合わせ余裕および接続孔43～46と接続孔57、58との合わせ余裕を考慮する必要がない。これにより、これらの合わせ余裕に相当する分、接続孔43～46をゲート電極8に接近させてレイアウトすることができるので、第1方向におけるメモリセルの占有面積を縮小することができる。

【0091】すなわち、窒化シリコン膜13をエッチングして接続孔43、44、45、46を形成する際に、これらの接続孔43～46がゲート電極8と重なり合った場合でも、ゲート電極8の上部に窒化シリコン膜13よりも厚い膜厚の窒化シリコン膜56が形成されているので、接続孔43、44、45、46がゲート電極8に達することはない。また、窒化シリコン膜と酸化シリコン膜とではエッチング速度に大きな差があるので、窒化シリコン膜13をエッチングして接続孔43、44、45、46を形成する際に、ゲート電極7（ワード線WL）およびゲート電極8のそれぞれの側壁の酸化シリコン膜からなるサイドウォールスペーサ11は、ほとんどエッチングされない。

【0092】従って、接続孔43、44、45、46を形成する際に、これらの接続孔43～46がゲート電極8と重なり合った場合でも、後の工程で接続孔43～46の内部に堆積される導電膜とゲート電極8とが短絡するようなことはない。

【0093】次に、図73および図74に示すように、窒化シリコン膜13上にスパッタリング法またはCVD法で膜厚100nm程度のTiN膜を堆積し、次いでこのTiN膜上にCVD法で膜厚100nm程度の窒化シリコン膜47を堆積した後、フォトレジストをマスクにしたドライエッチングで窒化シリコン膜47およびTiN膜をパターニングすることにより、TiN膜からなる一対の局所配線L₁、L₂を形成する。

【0094】局所配線L₁は、接続孔43および接続孔58を通じて駆動用MISFETQd₂（負荷用MISFETQp₂）のゲート電極8に接続され、接続孔43を通じて駆動用MISFETQd₁のn型半導体領域5（ドレイン領域）に接続され、接続孔46を通じて負荷用MISFETQp₁のp型半導体領域9（ドレイン領域）に接続される。また、局所配線L₂は、接続孔44および接続孔57を通じて駆動用MISFETQd₁（負荷用MISFETQp₁）のゲート電極8に接続され、接続孔44を通じて負荷用MISFETQp₂のp型半導体領域9（ドレイン領域）に接続され、接続孔45を通じて駆動用MISFETQd₂のn型半導体領域5（ドレイン領域）に接続される。

【0095】局所配線L₁は、駆動用MISFETQd₁（負荷用MISFETQp₁）のゲート電極8と、転送用MISFETQt₁、Qt₂のゲート電極7（ワード線WL）とに重なるように配置し、局所配線L₂は、駆

動用MISFETQd₂（負荷用MISFETQp₂）のゲート電極8と、転送用MISFETQt₁、Qt₂のゲート電極7（ワード線WL）とに重なるように配置する。この構成により、局所配線L₁とゲート電極8とその間に介在する窒化シリコン膜13とで容量素子C'が形成され、また局所配線L₂とゲート電極8とその間に介在する窒化シリコン膜13とで容量素子C'が形成されるので、蓄積ノードの電荷蓄積量を増やしてメモリセルのα線ソフトエラー耐性を向上させることができる。

【0096】次に、図75に示すように、局所配線L₁、L₂を覆う窒化シリコン膜47の上部にCVD法で窒化シリコン膜59を堆積し、続いて窒化シリコン膜59の上部にCVD法でPSGからなる層間絶縁膜49を堆積する。

【0097】次に、図76および図77に示すように、フォトレジストをマスクにしたドライエッチングで負荷用MISFETQp₁、Qp₂のそれぞれのp型半導体領域9、9（ソース領域）の上部の層間絶縁膜49を開孔して接続孔50、50を形成する。同時に、駆動用MISFETQd₁、Qd₂のそれぞれのn型半導体領域5、5（ソース領域）の上部の層間絶縁膜49を開孔して接続孔51、51を形成し、転送用MISFETQt₁、Qt₂のそれぞれのn型半導体領域5、5（ドレイン領域）の上部の層間絶縁膜49を開孔して接続孔52、52を形成する。このエッチングは、接続孔50、51、52の底部に窒化シリコン膜59が露出した時点で一旦停止する。

【0098】次に、酸化シリコン用のエッチングガスを窒化シリコン用のエッチングガスに切り替え、図78に示すように、接続孔50、51、52の内部の窒化シリコン膜59とその下部の薄い窒化シリコン膜13とをエッチングする。このエッチングは、接続孔50、51、52の内部において、ゲート電極7（ワード線WL）、ゲート電極8および局所配線L₁、L₂のそれぞれの側壁にサイドウォールスペーサが形成されるような条件で行う。

【0099】このように、前記実施の形態3ではゲート電極7（ワード線WL）、ゲート電極8および局所配線L₁、L₂のそれぞれの側壁にあらかじめ窒化シリコンのサイドウォールスペーサ48を形成してから層間絶縁膜49に接続孔50、51、52を形成するのに対し、本実施の形態では層間絶縁膜49を開孔して接続孔50、51、52を形成する際に窒化シリコンのサイドウォールスペーサを形成する。

【0100】この場合も前記実施の形態3と同様、フォトレジストマスクの合わせずれに起因して接続孔50、51、52とゲート電極7（ワード線WL）およびゲート電極8とが一部で重なり合ったり、接続孔50、51、52と局所配線L₁、L₂とが一部で重なり合ったりしても、接続孔50、51、52の側壁にゲート電極7

(ワード線WL)、ゲート電極8あるいは局所配線L₁、L₂が露出することはない。つまり、本実施の形態の製造方法を用いる場合にも、接続孔50、51、52をレイアウトする際に接続孔50、51、52と局所配線L₁、L₂との合わせ余裕、および接続孔50、51、52とゲート電極7(ワード線WL)、ゲート電極8との合わせ余裕を考慮する必要がないので、これらの合わせ余裕に相当する分、接続孔50、51、52を局所配線L₁、L₂およびゲート電極7(ワード線WL)、ゲート電極8に近接させてレイアウトすることができ、メモリセルの占有面積を縮小することができる。

【0101】窒化シリコン膜59によって形成されるサイドウォールスペーサをエッチングストップとして機能させるためには、窒化シリコン膜59の膜厚を、上記したフォトレジストマスクの合わせ余裕よりも大きくする。

【0102】次に、図79および図80に示すように、前記実施の形態3の製造方法に従い層間絶縁膜49の上部に電源電圧線22、基準電圧線23および中間配線54を形成し、次いで図81および図82に示すように、電源電圧線22、基準電圧線23および中間配線54の上部に層間絶縁膜26を堆積し、フォトレジストをマスクにしたドライエッティングで中間配線54の上部の層間絶縁膜26を開孔して接続孔55を形成した後、層間絶縁膜26の上部にデータ線DL、／DLを形成する。

【0103】本実施の形態の製造方法によれば、接続孔50、51、52と局所配線L₁、L₂との合わせ余裕、および接続孔50、51、52とゲート電極7(ワード線WL)、ゲート電極8との合わせ余裕が不要になると共に、接続孔43、44とゲート電極8との合わせ余裕、および接続孔43とn型半導体領域5(接続孔44とp型半導体領域9)との合わせ余裕も不要となるので、前記実施の形態3よりもさらにメモリセルを縮小することができる。

【0104】(実施の形態5) 本実施の形態のSRAMは、一対の局所配線L₁、L₂を異なる導電層に形成し、上層の局所配線L₂と下層の局所配線L₁とそれらの間に介在する薄い絶縁膜とで容量素子Cを形成している。このSRAMのメモリセルの製造方法を図83～図97を用いて説明する。

【0105】まず、図83および図84に示すように、前記実施の形態1の製造方法に従い、半導体基板1の正面に素子分離溝2、次いでp型ウエル3およびn型ウエル4を形成し、さらにp型ウエル3およびn型ウエル4のそれぞれの表面にMISFETのゲート酸化膜6を形成した後、p型ウエル3に駆動用MISFETQd₁、Qd₂および転送用MISFETQt₁、Qt₂を形成し、n型ウエル4に負荷用MISFETQp₁、Qp₂を形成する。ゲート電極7(ワード線WL)およびゲート電極8は多結晶シリコン膜で構成し、キャップ絶縁膜は酸化

シリコン膜12で構成する。ゲート電極7(ワード線WL)およびゲート電極8のそれぞれの側壁のサイドウォールスペーサ11は、酸化シリコン膜をエッチングして形成する。

【0106】次に、図85および図86に示すように、前記実施の形態3の製造方法に従い、転送用MISFETQt₁、Qt₂のゲート電極7(ワード線WL)、駆動用MISFETQd₁、Qd₂(負荷用MISFETQp₁、Qp₂)のゲート電極8、8、転送用MISFETQt₁、Qt₂および駆動用MISFETQd₁、Qd₂のそれぞれのn型半導体領域5、5(ソース領域、ドレイン領域)、負荷用MISFETQp₁、Qp₂のそれぞれのp型半導体領域9、9(ソース領域、ドレイン領域)のそれぞれの表面にシート抵抗を低減する目的でTiシリサイド層10を形成する。

【0107】次に、図87および図88に示すように、半導体基板1上にCVD法で堆積した膜厚50nm程度の薄い窒化シリコン膜13をエッチングして駆動用MISFETQd₂(負荷用MISFETQp₂)のゲート電極8の上部に接続孔14を形成し、駆動用MISFETQd₁のn型半導体領域5(ドレイン領域)の上部に接続孔40を形成し、負荷用MISFETQp₁のp型半導体領域9(ドレイン領域)の上部に接続孔41を形成した後、窒化シリコン膜13の上部にスパッタリング法またはCVD法で堆積した膜厚100nm程度のTiN膜をパターニングして局所配線L₁を形成する。局所配線L₁は、メモリセルを構成する6個のMISFETを覆うように広い面積で形成する。局所配線L₁は、接続孔14を通じて駆動用MISFETQd₂(負荷用MISFETQp₂)のゲート電極8と接続され、接続孔40を通じて駆動用MISFETQd₁のn型半導体領域5(ドレイン領域)と接続され、接続孔41を通じて負荷用MISFETQp₁のp型半導体領域9(ドレイン領域)に接続される。

【0108】次に、図89および図90に示すように、半導体基板1上にCVD法で堆積した膜厚30nm程度の薄い窒化シリコン膜42をエッチングして駆動用MISFETQd₁(負荷用MISFETQp₁)のゲート電極8の上部に接続孔18を形成し、駆動用MISFETQd₂のn型半導体領域5(ドレイン領域)の上部に接続孔19を形成し、負荷用MISFETQp₂のp型半導体領域9(ドレイン領域)の上部に接続孔20を形成した後、窒化シリコン膜42の上部にTiN膜からなる局所配線L₂を形成する。局所配線L₂は、接続孔18を通じて駆動用MISFETQd₁(負荷用MISFETQp₁)のゲート電極8と接続され、接続孔19を通じて駆動用MISFETQd₂のn型半導体領域5(ドレイン領域)と接続され、接続孔20を通じて負荷用MISFETQp₂のp型半導体領域9(ドレイン領域)に接続される。

【0109】局所配線L₂は、窒化シリコン膜42の上部にスパッタリング法またはCVD法で膜厚100nm程度のTiN膜を堆積し、次いでこのTiN膜上にCVD法で膜厚100nm程度の窒化シリコン膜47を堆積した後、フォトレジストをマスクにしたドライエッチングで窒化シリコン膜47およびTiN膜をパターニングして形成する。局所配線L₂は、メモリセルを構成する6個のMISFETを覆うように広い面積で形成し、接続孔18、19、20の開孔領域とその合わせ余裕領域とを除いた領域において下層の局所配線L₁とほぼ完全に重なるようにする。これにより、局所配線L₁、L₂（一対の電極）とそれらの間に介在する、局所配線L₁、L₂よりも薄い膜厚の窒化シリコン膜42（誘電体膜）とで容量素子Cを形成し、しかもこの容量素子Cの電荷を大きくすることができるので、蓄積ノードの電荷蓄積量を増やしてメモリセルのα線ソフトエラー耐性を向上させることができる。

【0110】次に、図91に示すように、ゲート電極8、下層の局所配線L₁および上層の局所配線L₂のそれぞれの側壁にサイドウォールスペーサ48を形成する。また、同図には示さないゲート電極7（ワード線WL）の側壁にもサイドウォールスペーサ48を形成する。サイドウォールスペーサ48は、窒化シリコン膜47の上部にCVD法で堆積した膜厚200nm程度の窒化シリコン膜をエッチングして形成する。

【0111】次に、図92および図93に示すように、窒化シリコン膜47の上部に膜厚400nm程度のPSGからなる層間絶縁膜49をCVD法で堆積した後、フォトレジストをマスクにしたドライエッチングで層間絶縁膜49を開孔することにより、負荷用MISFETQ_{p1}、Q_{p2}のp型半導体領域9、9（ソース領域）の上部に接続孔50、50を形成し、駆動用MISFETQ_{d1}、Q_{d2}のn型半導体領域5、5（ソース領域）の上部に接続孔51、51を形成し、転送用MISFETQ_{t1}、Q_{t2}のn型半導体領域5、5（ドレイン領域）の上部に接続孔52、52を形成する。このとき、窒化シリコン膜からなるサイドウォールスペーサ48がエッチングストップとなるため、接続孔50、51の側壁にゲート電極8が露出したり、接続孔52の側壁にゲート電極7（ワード線WL）が露出したりすることはない。また、接続孔50、51、52の側壁に下層の局所配線L₁が露出したり、上層の局所配線L₂が露出したりすることもない。

【0112】つまり、一対の局所配線L₁、L₂を異なる導電層に配置するSRAMに対して本実施の形態の製造方法を用いる場合には、接続孔50、51、52と上層の局所配線L₂との合わせ余裕、接続孔50、51、52と下層の局所配線L₁との合わせ余裕、および接続孔50、51、52とゲート電極7（ワード線WL）、ゲート電極8との合わせ余裕を考慮する必要がない。これ

により、これらの合わせ余裕に相当する分、接続孔50、51、52を上層の局所配線L₂、下層の局所配線L₁およびゲート電極7（ワード線WL）、ゲート電極8に近接させてレイアウトすることができるので、メモリセルの占有面積を縮小することができる。層間絶縁膜49をエッチングする際にサイドウォールスペーサ48をエッチングストップとして機能させるためには、サイドウォールスペーサ48を構成する窒化シリコン膜の膜厚を、上記したフォトレジストマスクの合わせ余裕よりも大きくする。

【0113】本実施の形態ではゲート電極7（ワード線WL）、ゲート電極8、下層の局所配線L₁、上層の局所配線L₂のそれぞれの側壁にあらかじめ窒化シリコンのサイドウォールスペーサ48を形成した後、層間絶縁膜49に接続孔50、51、52を形成するが、前記実施の形態4のように、上層の局所配線L₂を覆う窒化シリコン膜47の上部に窒化シリコン膜と層間絶縁膜49とを堆積し、層間絶縁膜49を開孔して接続孔50、51、52を形成する際にサイドウォールスペーサを形成するようにしてもよい。

【0114】次に、図94および図95に示すように、前記実施の形態3の製造方法に従い層間絶縁膜49の上部に電源電圧線22、基準電圧線23および中間配線54を形成した後、図96および図97に示すように、電源電圧線22、基準電圧線23および中間配線54の上部に層間絶縁膜26を堆積し、次いで中間配線54の上部の層間絶縁膜26を開孔して接続孔55を形成した後、層間絶縁膜26の上部にデータ線DL、/DLを形成する。

【0115】本実施の形態によれば、一対の局所配線L₁、L₂を異なる導電層に形成し、局所配線L₁、L₂同士を重なり合うように配置することによりメモリセルの占有面積を縮小することができ、かつ接続孔50、51、52と上層の局所配線L₂との合わせ余裕、接続孔50、51、52と下層の局所配線L₁との合わせ余裕、および接続孔50、51、52とゲート電極7（ワード線WL）、ゲート電極8との合わせ余裕を不要とすることにより、メモリセルの占有面積をさらに縮小することができる。

【0116】本実施の形態によれば、上層の局所配線L₂と下層の局所配線L₁とを広い面積で重なり合うように配置し、これらの局所配線L₁、L₂とその間に介在する薄い絶縁膜とで容量素子Cを構成することにより、メモリセルのα線ソフトエラー耐性を向上させることができる。

【0117】以上、本発明者によってなされた発明を実施の形態に基づいて具体的に説明したが、本発明は前記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることはいうまでもない。

【0118】局所配線を構成するメタル材料は、前記実施の形態で例示したもの以外にも種々採用することが可能であり、例えば下層の局所配線を第1層目のアルミニウム系メタル(TiN/A1/TiN)で構成し、上層の局所配線を第2層目のアルミニウム系メタルで構成してもよい。この場合、例えば電源電圧線および基準電圧線は第3層目のアルミニウム系メタルで構成し、相補性データ線は第4層目のアルミニウム系メタルで構成する。

【0119】

【発明の効果】本願によって開示される発明のうち、代表的なものによって得られる効果を簡単に説明すれば、以下のとおりである。

【0120】本発明のSRAMによれば、メモリセルのフリップフロップ回路の入出力端子間に交差結合する一对の局所配線を異なる導電層に形成することにより、一对の局所配線を同一層の導電膜で形成する場合には必要となる2本の局所配線を横に並べて配置するスペースが不要となり、局所配線同士を部分的に重なり合うように配置することが可能となるので、メモリセルの占有面積を縮小することができる。

【0121】本発明のSRAMによれば、上層の局所配線を下層の局所配線と重なり合うように配置し、これらの局所配線とこれらの間に介在する絶縁膜とで容量素子を構成することにより、メモリセルの蓄積ノード容量を増やすことができるので、メモリセルサイズの微細化や動作電源電圧の低下に伴う α 線ソフトエラー耐性の低下を防ぐことができる。

【0122】本発明のSRAMによれば、メモリセルを構成する駆動用MISFET、負荷用MISFETおよび転送用MISFETのそれぞれのソース、ドレイン領域の表面に低抵抗材料である高融点金属シリサイド層を形成したことにより、メモリセルの高速動作を実現することができる。

【0123】本発明のSRAMによれば、駆動用MISFETおよび転送用MISFETが形成される半導体基板(p型ウエル)の活性領域と、負荷用MISFETが形成される半導体基板(n型ウエル)の活性領域とを半導体基板に開孔した溝で分離したことにより、LOCOS法で形成したフィールド絶縁膜で分離する場合に比べて素子分離領域の占有面積を小さくでき、メモリセルの占有面積を縮小することができる。

【0124】本発明のSRAMの製造方法によれば、フォトレジストをマスクにして層間絶縁膜に接続孔を形成する際のマスク合わせ余裕を不要とすることができますので、メモリセルの占有面積を縮小することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1であるSRAMのメモリセル(約1個分)を示す平面図である。

【図2】図1のA-A'線に沿ったメモリセルの断面図

である。

【図3】図1のB-B'線に沿ったメモリセルの断面図である。

【図4】本発明の実施の形態1であるSRAMのメモリセル(約4個分)を示す平面図である。

【図5】本発明の実施の形態1であるSRAMのメモリセルの等価回路図である。

【図6】本発明の実施の形態1であるSRAMのメモリセルの製造方法を示す平面図である。

10 【図7】本発明の実施の形態1であるSRAMのメモリセルの製造方法を示す断面図である。

【図8】本発明の実施の形態1であるSRAMのメモリセルの製造方法を示す断面図である。

【図9】本発明の実施の形態1であるSRAMのメモリセルの製造方法を示す平面図である。

【図10】本発明の実施の形態1であるSRAMのメモリセルの製造方法を示す断面図である。

【図11】本発明の実施の形態1であるSRAMのメモリセルの製造方法を示す断面図である。

20 【図12】本発明の実施の形態1であるSRAMのメモリセルの製造方法を示す平面図である。

【図13】本発明の実施の形態1であるSRAMのメモリセルの製造方法を示す断面図である。

【図14】本発明の実施の形態1であるSRAMのメモリセルの製造方法を示す平面図である。

【図15】本発明の実施の形態1であるSRAMのメモリセルの製造方法を示す断面図である。

【図16】本発明の実施の形態1であるSRAMのメモリセルの製造方法を示す断面図である。

30 【図17】本発明の実施の形態1であるSRAMのメモリセルの製造方法を示す平面図である。

【図18】本発明の実施の形態1であるSRAMのメモリセルの製造方法を示す断面図である。

【図19】本発明の実施の形態1であるSRAMのメモリセルの製造方法を示す平面図である。

40 【図20】本発明の実施の形態1であるSRAMのメモリセルの製造方法を示す断面図である。

【図21】本発明の実施の形態1であるSRAMのメモリセルの製造方法を示す平面図である。

【図22】本発明の実施の形態1であるSRAMのメモリセルの製造方法を示す断面図である。

【図23】本発明の実施の形態1であるSRAMのメモリセルの製造方法を示す平面図である。

【図24】本発明の実施の形態1であるSRAMのメモリセルの製造方法を示す断面図である。

【図25】本発明の実施の形態1であるSRAMのメモリセルの製造方法を示す平面図である。

50 【図26】本発明の実施の形態1であるSRAMのメモリセルの製造方法を示す断面図である。

【図27】本発明の実施の形態1であるSRAMのメモ

リセルの製造方法を示す断面図である。

【図78】本発明の実施の形態4であるS RAMのメモリセルの製造方法を示す断面図である。

【図79】本発明の実施の形態4であるS RAMのメモリセルの製造方法を示す平面図である。

【図80】本発明の実施の形態4であるS RAMのメモリセルの製造方法を示す断面図である。

【図81】本発明の実施の形態4であるS RAMのメモリセルの製造方法を示す平面図である。

【図82】本発明の実施の形態4であるS RAMのメモリセルの製造方法を示す断面図である。

【図83】本発明の実施の形態5であるS RAMのメモリセルの製造方法を示す平面図である。

【図84】本発明の実施の形態5であるS RAMのメモリセルの製造方法を示す断面図である。

【図85】本発明の実施の形態5であるS RAMのメモリセルの製造方法を示す平面図である。

【図86】本発明の実施の形態5であるS RAMのメモリセルの製造方法を示す断面図である。

【図87】本発明の実施の形態5であるS RAMのメモリセルの製造方法を示す平面図である。

【図88】本発明の実施の形態5であるS RAMのメモリセルの製造方法を示す断面図である。

【図89】本発明の実施の形態5であるS RAMのメモリセルの製造方法を示す平面図である。

【図90】本発明の実施の形態5であるS RAMのメモリセルの製造方法を示す断面図である。

【図91】本発明の実施の形態5であるS RAMのメモリセルの製造方法を示す断面図である。

【図92】本発明の実施の形態5であるS RAMのメモリセルの製造方法を示す平面図である。

【図93】本発明の実施の形態5であるS RAMのメモリセルの製造方法を示す断面図である。

【図94】本発明の実施の形態5であるS RAMのメモリセルの製造方法を示す平面図である。

【図95】本発明の実施の形態5であるS RAMのメモリセルの製造方法を示す断面図である。

【図96】本発明の実施の形態5であるS RAMのメモリセルの製造方法を示す平面図である。

【図97】本発明の実施の形態5であるS RAMのメモリセルの製造方法を示す断面図である。

【符号の説明】

1 半導体基板

2 素子分離溝

3 p型ウエル

4 n型ウエル

5 n型半導体領域（ソース領域、ドレイン領域）

6 ゲート酸化膜

7 ゲート電極

8 ゲート電極

9 p型半導体領域（ソース領域、ドレイン領域）

10 Tiシリサイド層

11 サイドウォールスペーサ

12 酸化シリコン膜

13 窒化シリコン膜

14 接続孔

15 接続孔

16 接続孔

17 層間絶縁膜

18 接続孔

19 接続孔

20 接続孔

21 層間絶縁膜

22 電源電圧線

23 基準電圧線

24 接続孔

25 接続孔

26 層間絶縁膜

27 接続孔

28 フィールド酸化膜

29 プラグ

30 溝

31 酸化シリコン膜

32 窒化シリコン膜

33 n型多結晶シリコン膜

34 Wシリサイド膜

35 Ti膜

36 酸化シリコン膜

37 プラグ

38 接続孔

39 接続孔

40 窒化シリコン膜

41 接続孔

42 接続孔

43 接続孔

44 接続孔

45 接続孔

46 接続孔

47 窒化シリコン膜

48 サイドウォールスペーサ

49 層間絶縁膜

50 接続孔

51 接続孔

52 接続孔

53 窒化シリコン膜

54 中間配線

55 接続孔

56 窒化シリコン膜

57 接続孔

58 接続孔

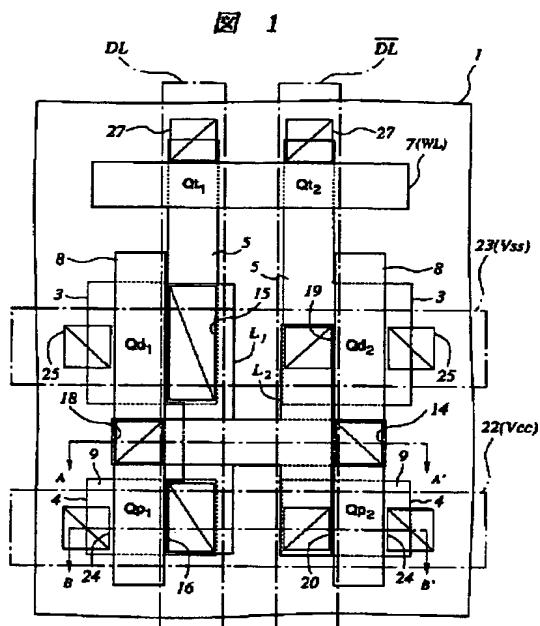
59 窒化シリコン膜

50 A R 活性領域

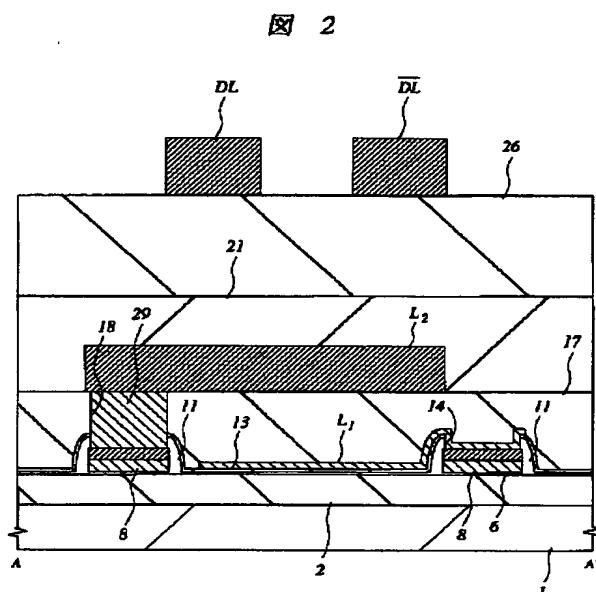
C 容量素子
 C' 容量素子
 DL, /DL データ線
 L₁, L₂ 局所配線

Q d₁, Q d₂ 駆動用M I S F E T
 Q p₁, Q p₂ 負荷用M I S F E T
 Q t₁, Q t₂ 転送用M I S F E T
 WL ワード線

【図1】

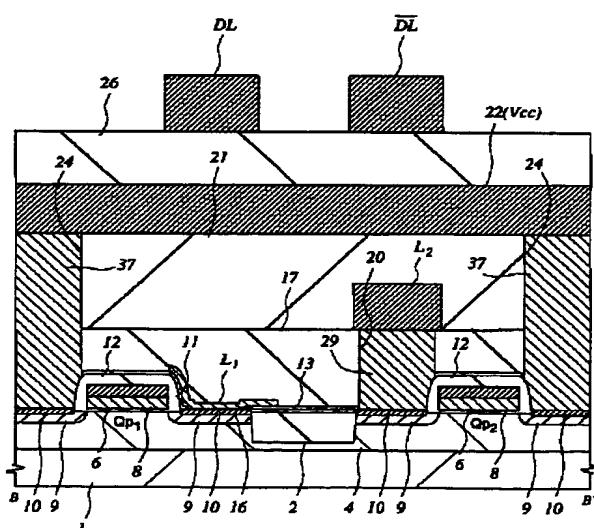


【图2】

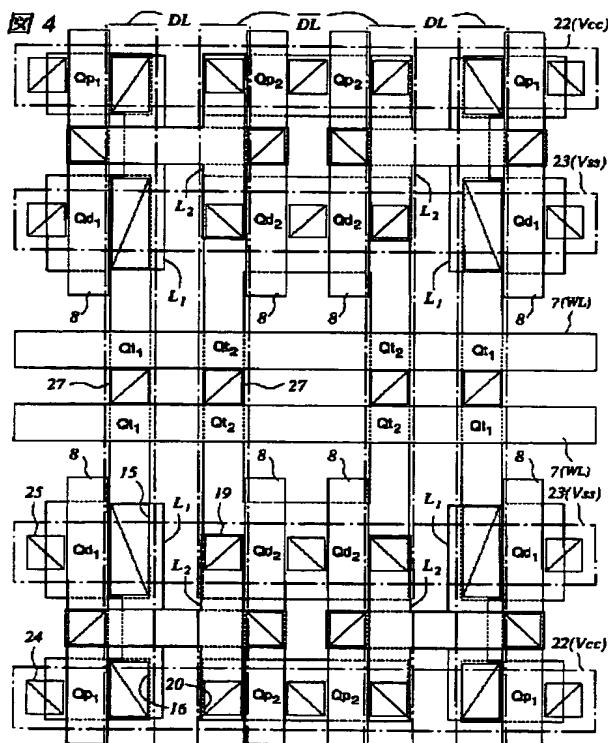


(图3)

3

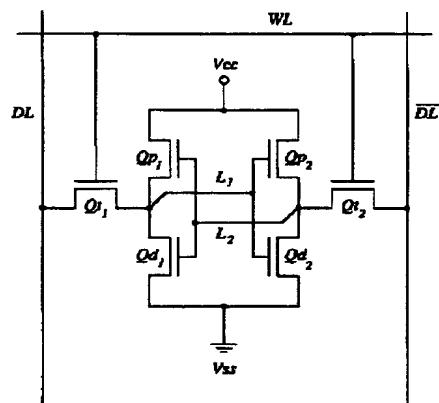


【図4】



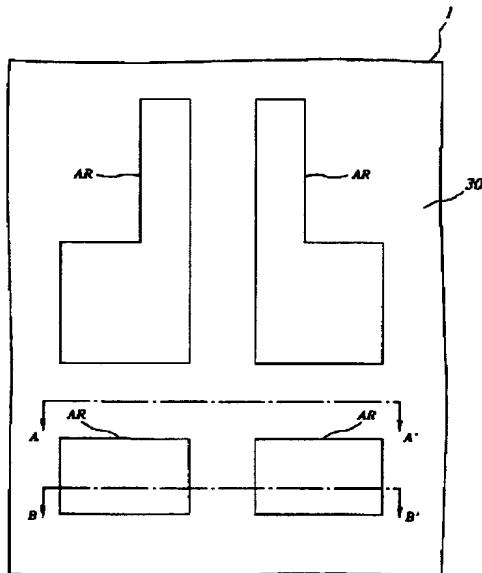
【図5】

図 5



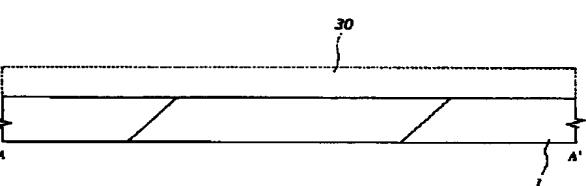
【図6】

図 6



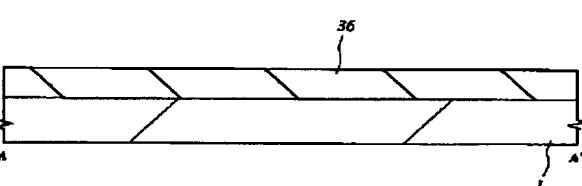
【図7】

図 7



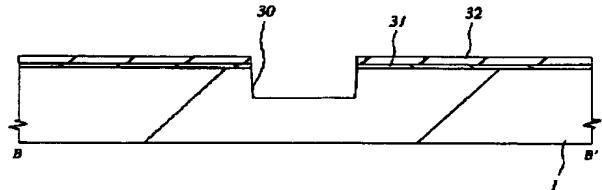
(a)

(a)

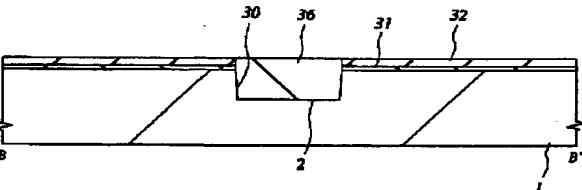


【図8】

図 8

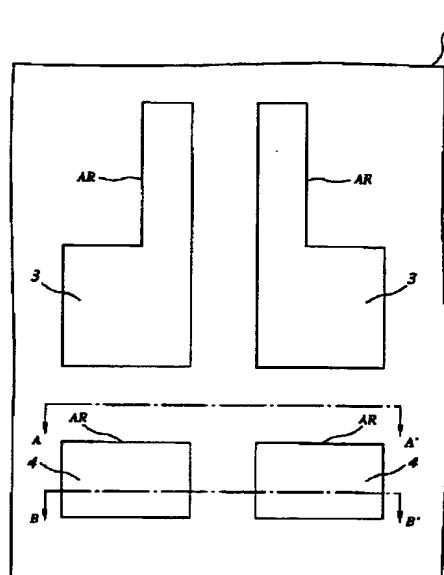


(b)



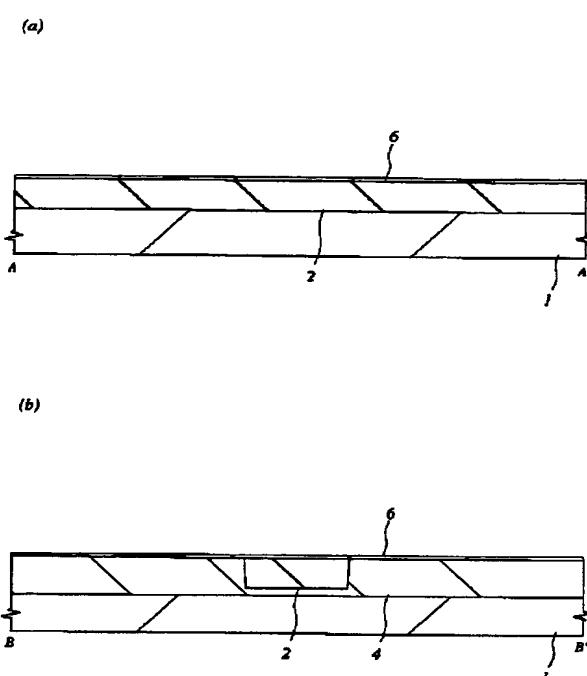
【図9】

図 9



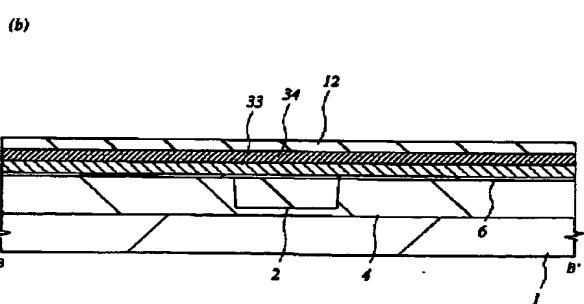
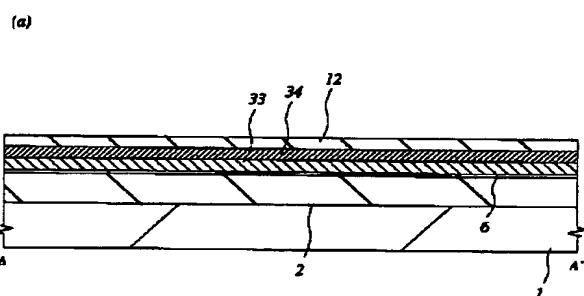
【図10】

図 10



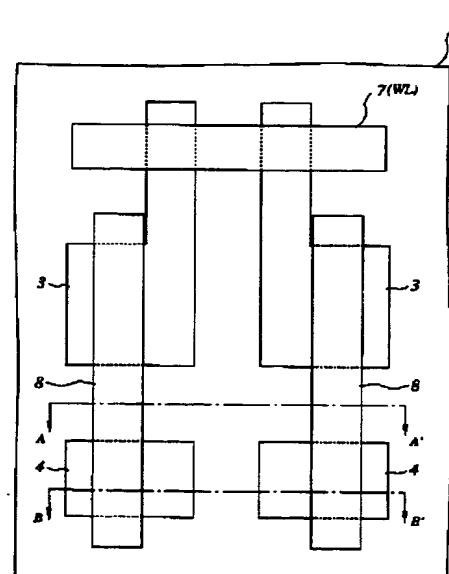
【図11】

図 11



【図12】

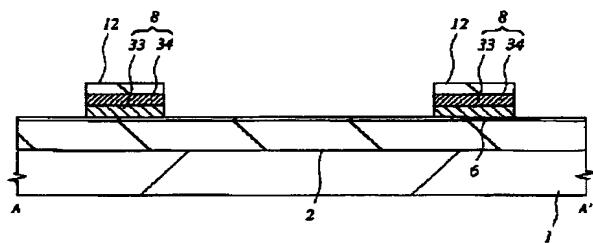
図 12



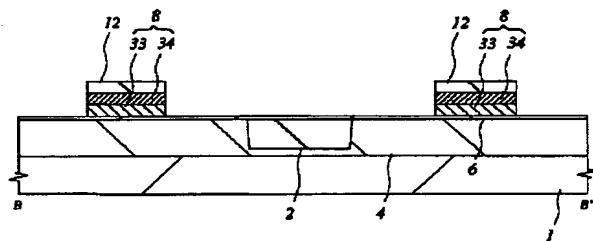
【図13】

図 13

(a)



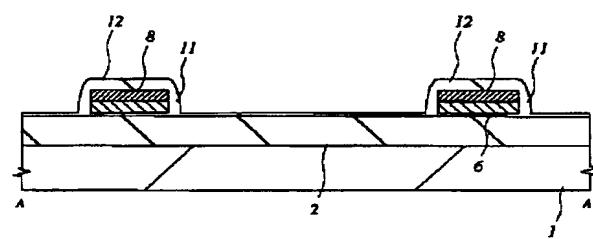
(b)



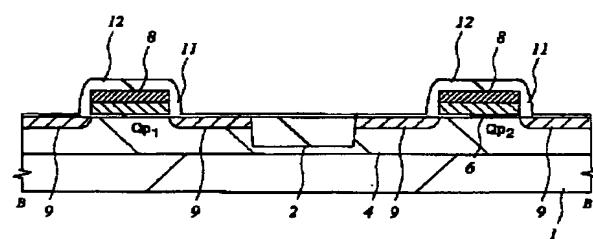
【図15】

図 15

(a)

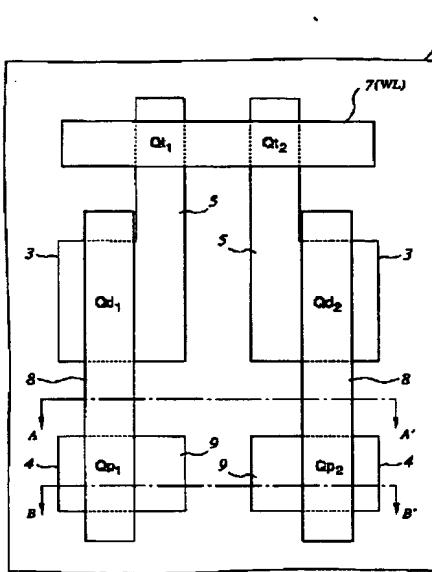


(b)



【図14】

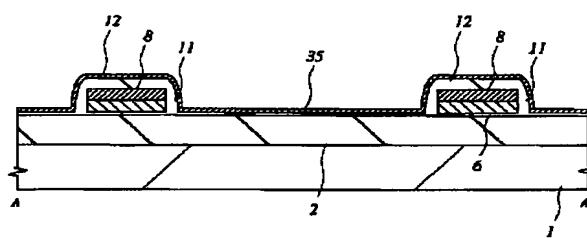
図 14



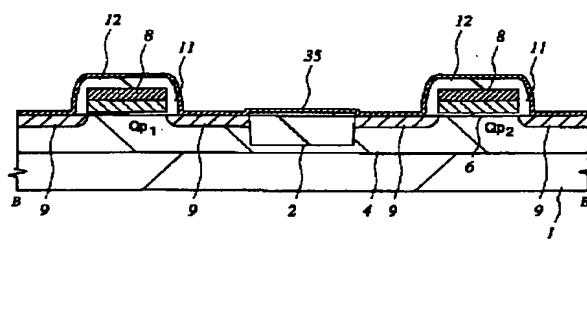
【図16】

図 16

(a)

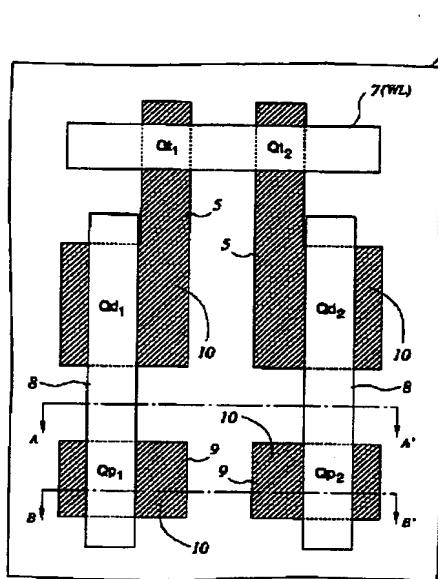


(b)



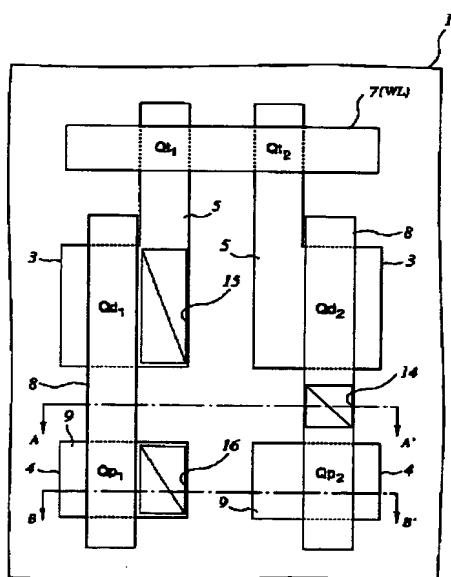
【図17】

図 17



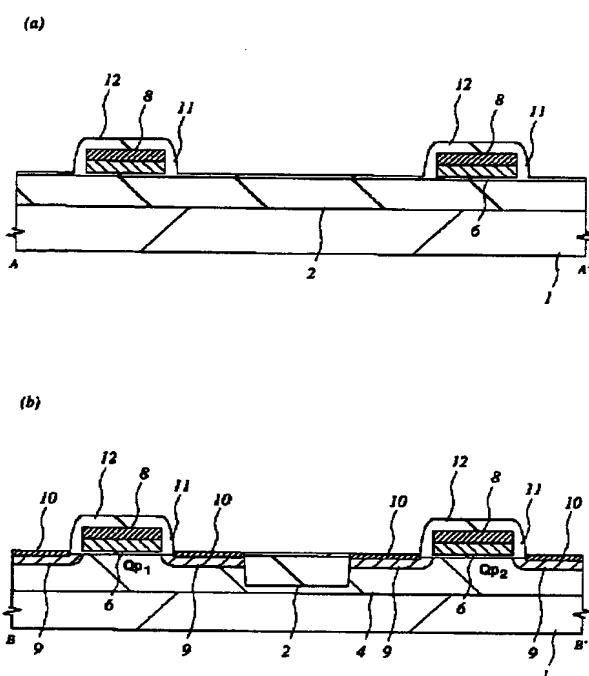
【図19】

図 19



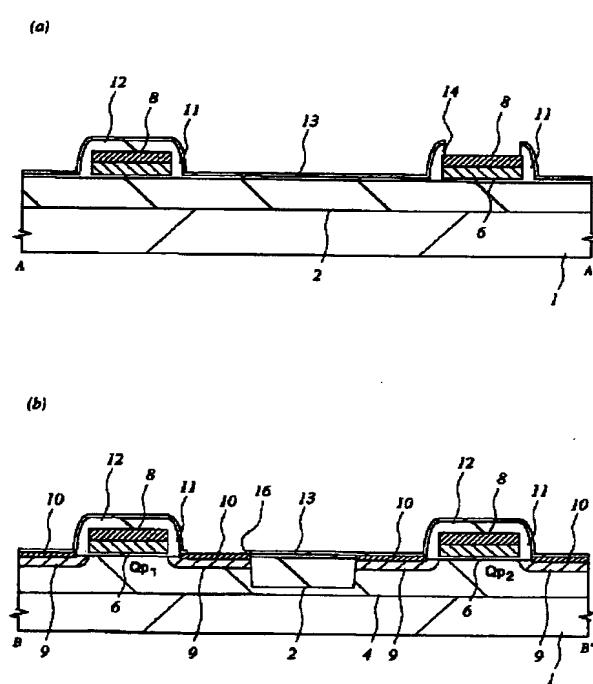
【図18】

図 18



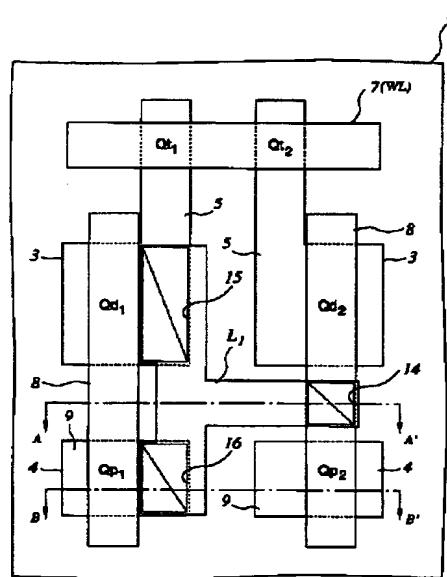
【図20】

図 20



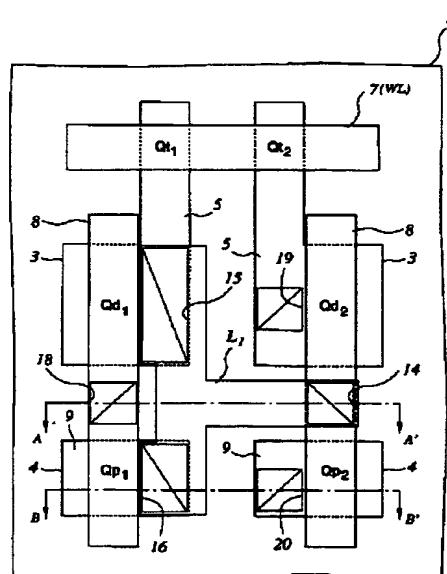
【図21】

図 21



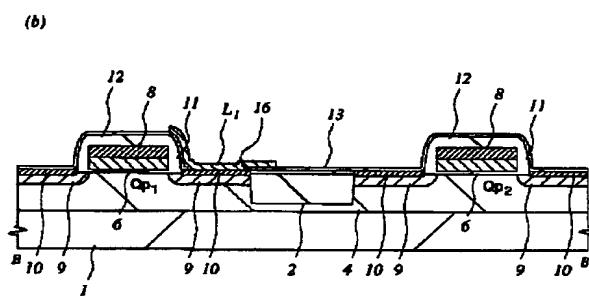
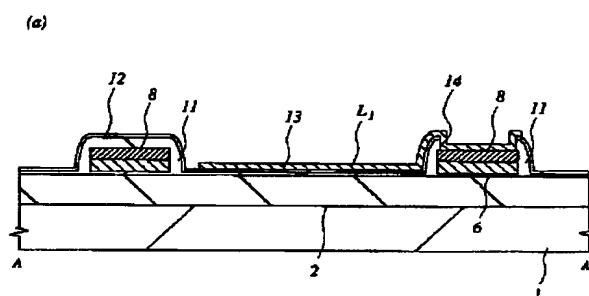
【図23】

図 23



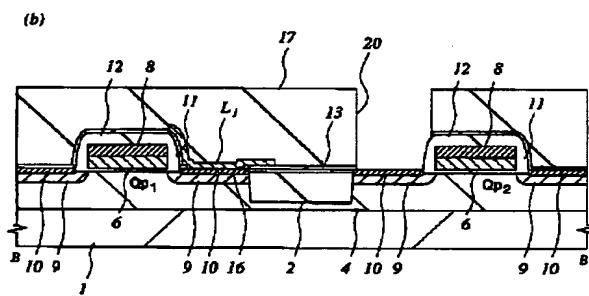
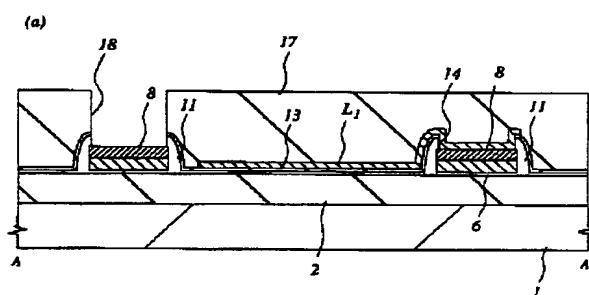
【図22】

図 22



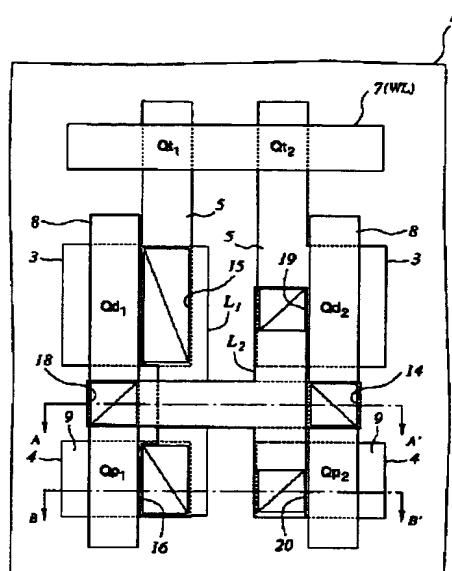
【図24】

図 24



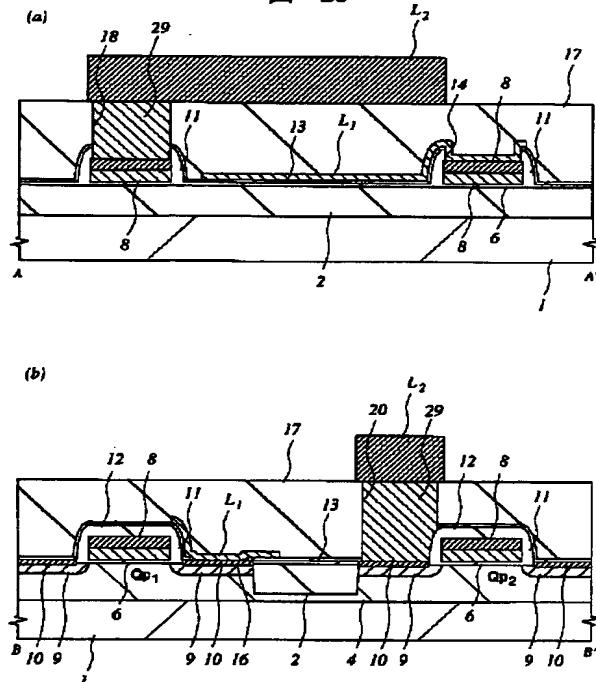
【図25】

図 25



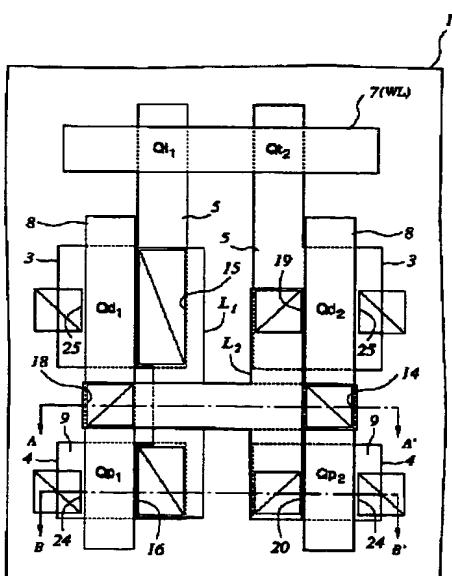
【図26】

図 26



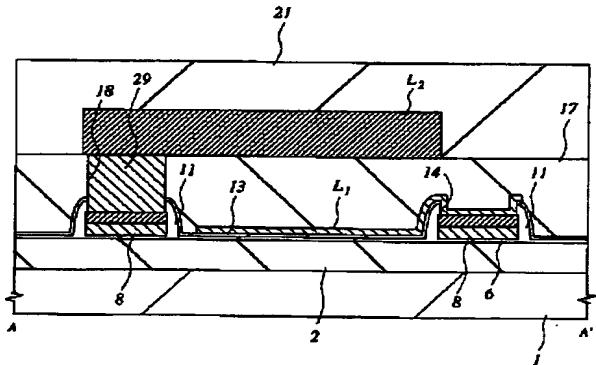
【図27】

図 27



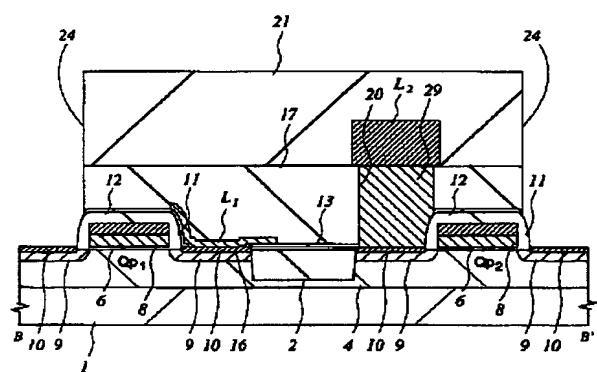
【図28】

図 28



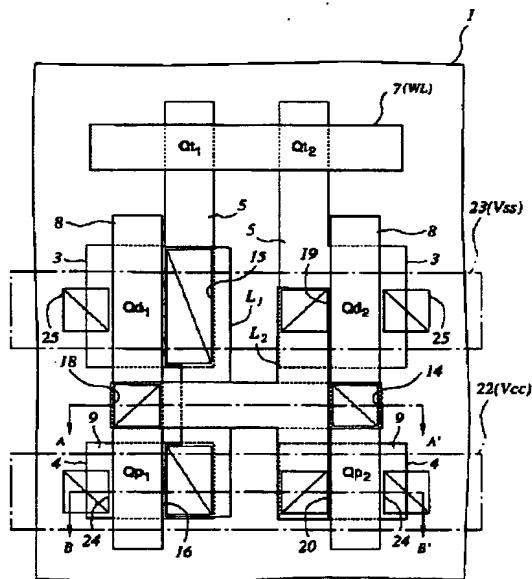
【図29】

図 29



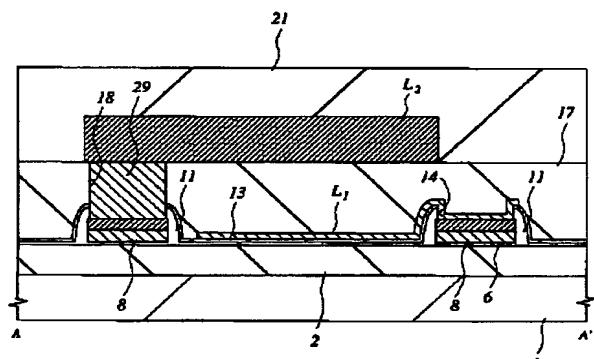
【図30】

図 30



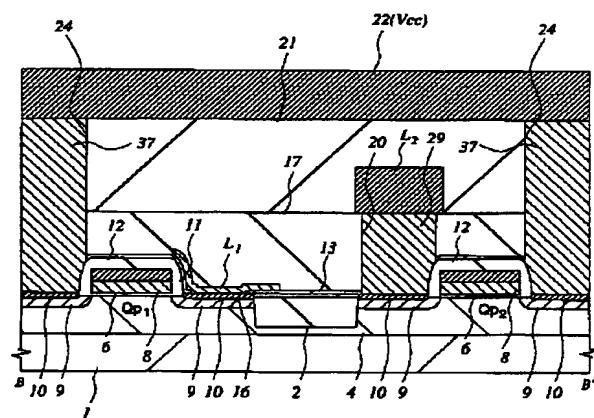
【図31】

図 31



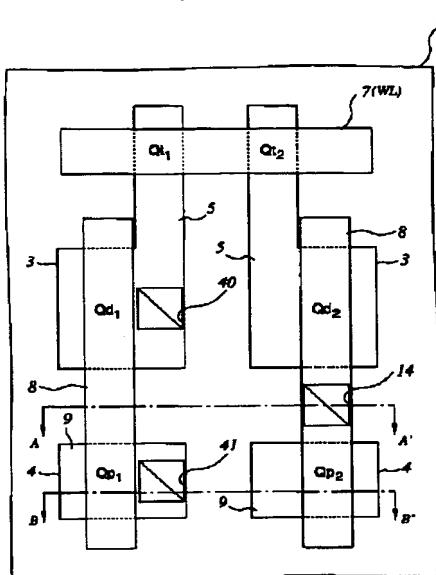
【図32】

図 32



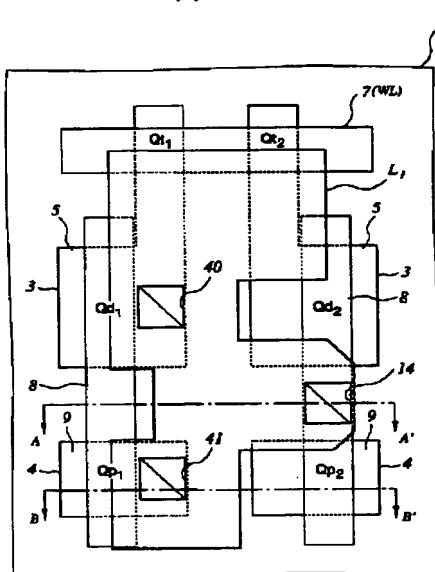
【図37】

図 37



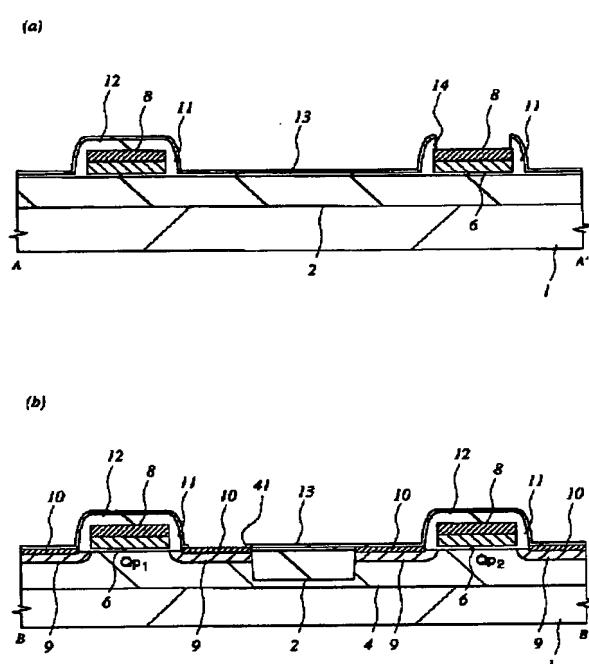
【図39】

図 39



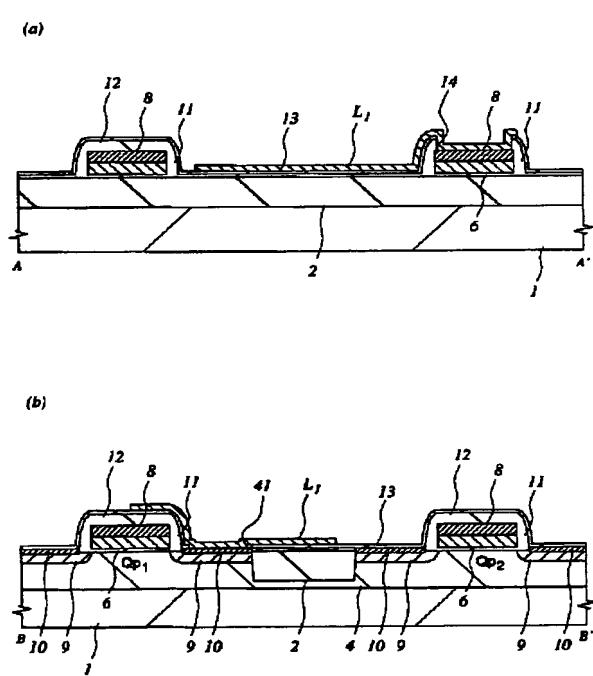
【図38】

図 38



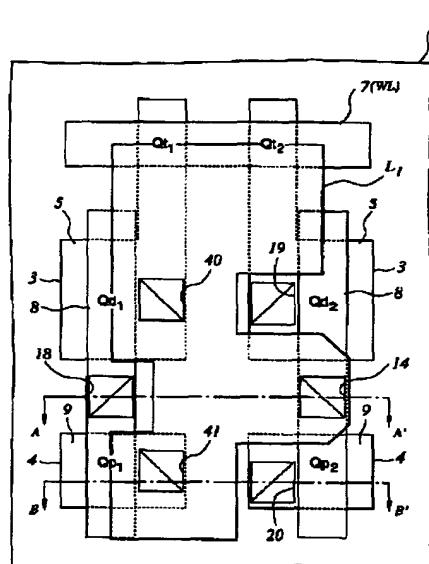
【図40】

図 40



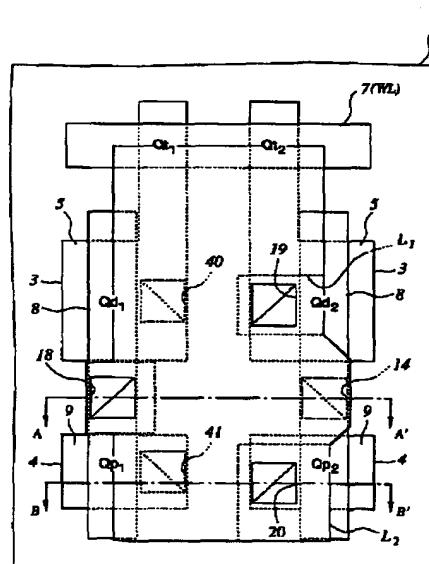
【図41】

図 41



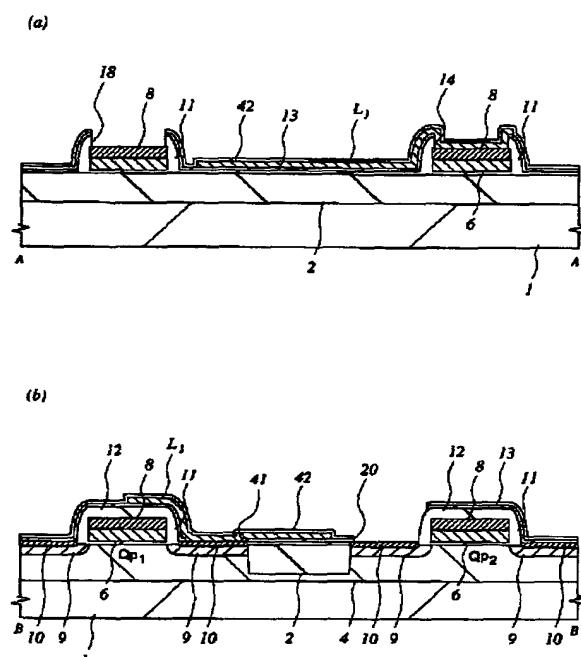
【図43】

図 43



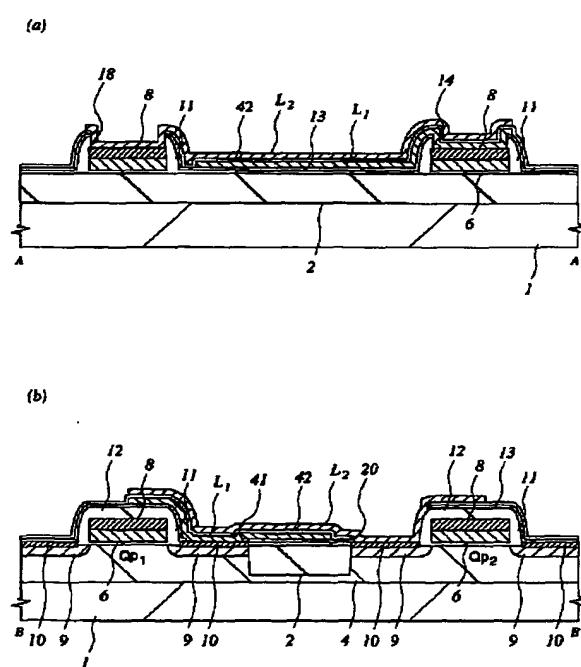
【図42】

図 42



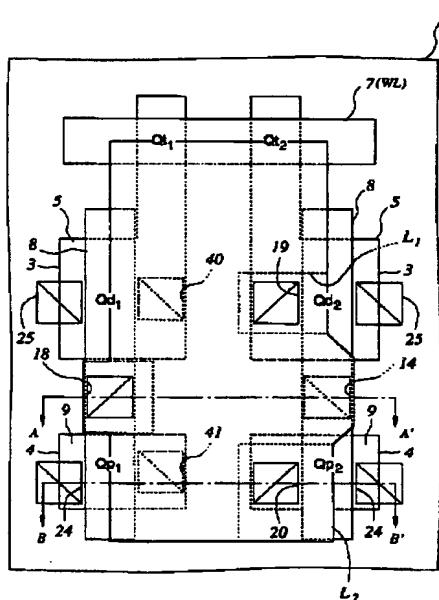
【図44】

図 44



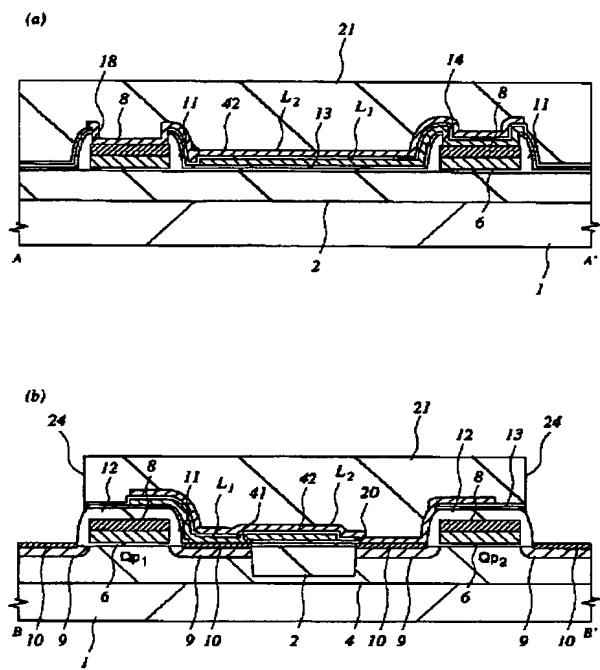
【図45】

図 45



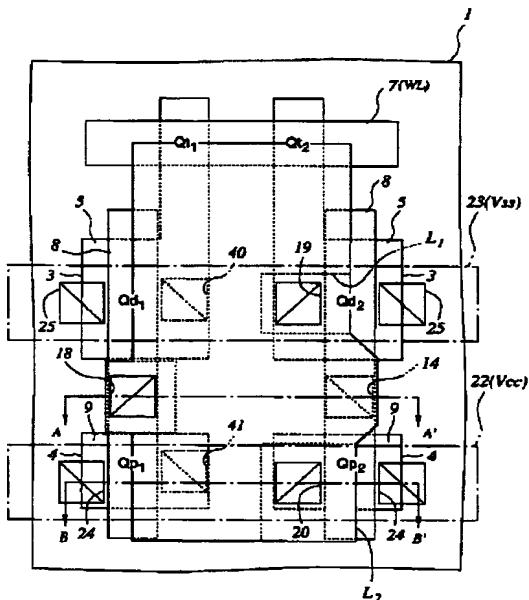
【図46】

図 46



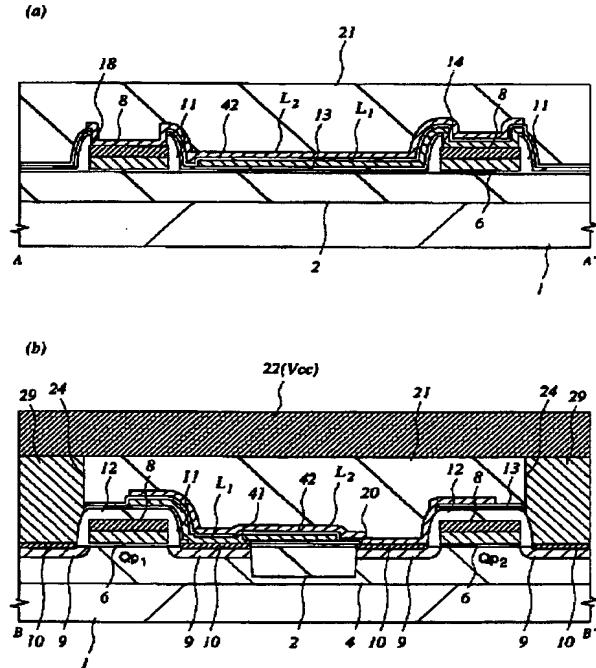
【図47】

図 47



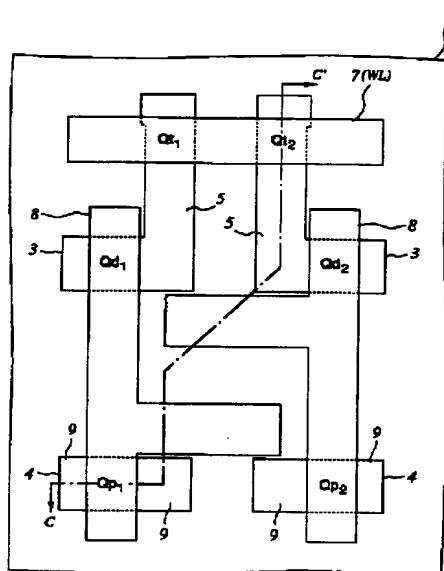
【図48】

図 48



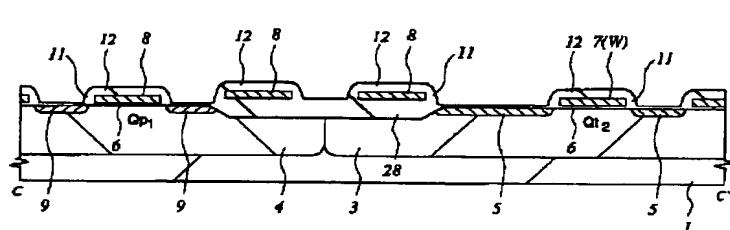
【図49】

図 49



【図50】

図 50

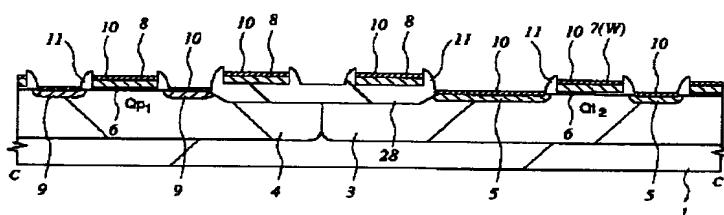
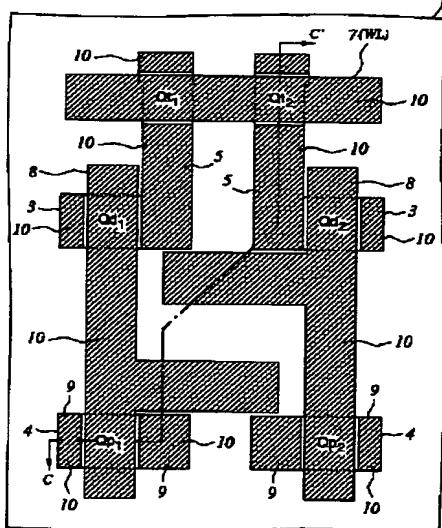


【図52】

図 52

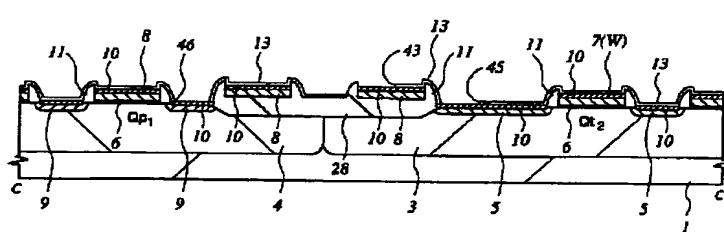
【図51】

図 51



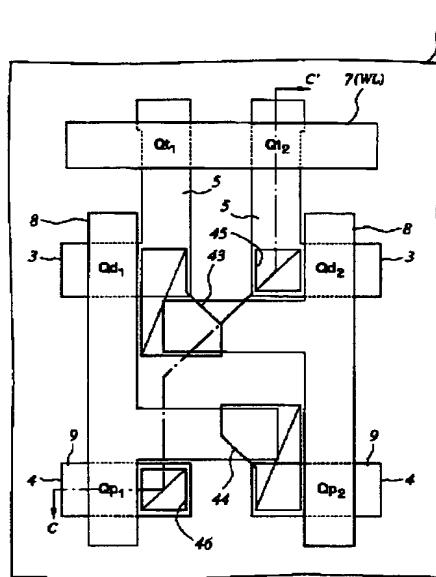
【図54】

図 54



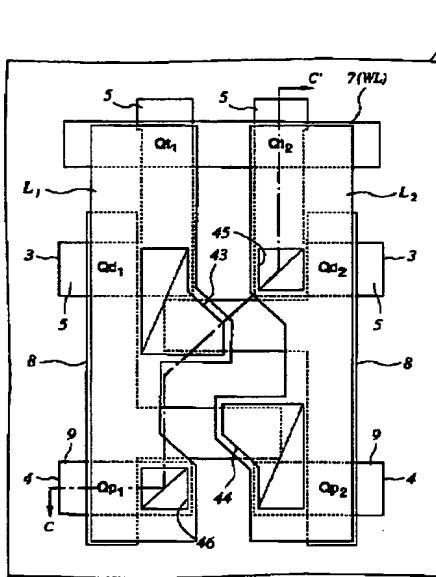
【図53】

図 53



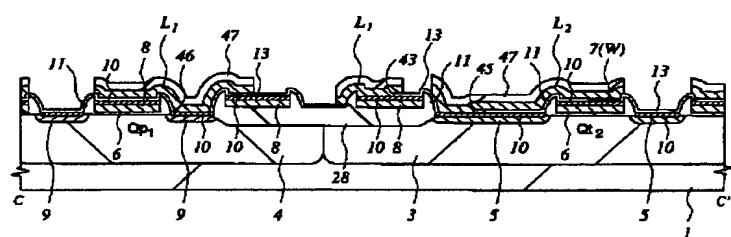
【図55】

図 55



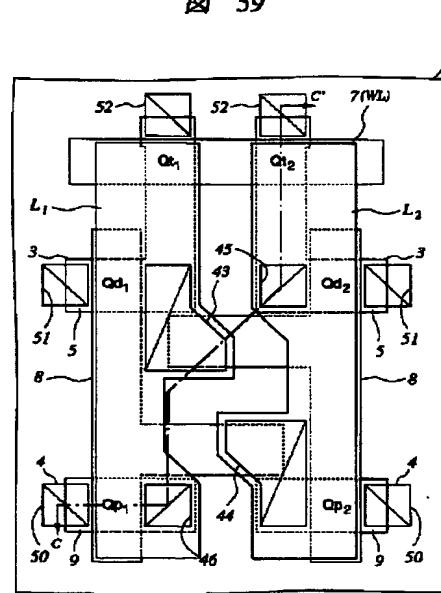
【図56】

図 56



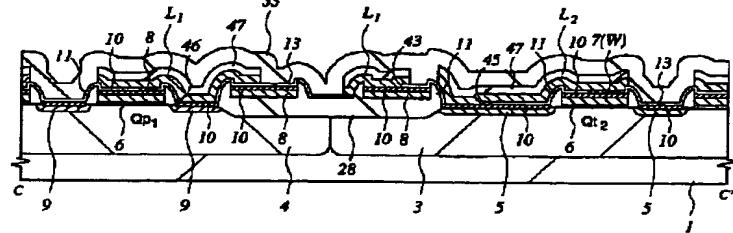
【図59】

図 59



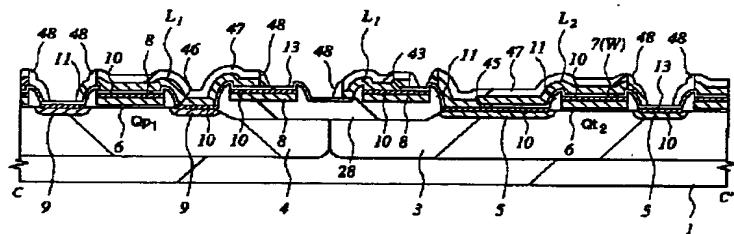
【図57】

図 57



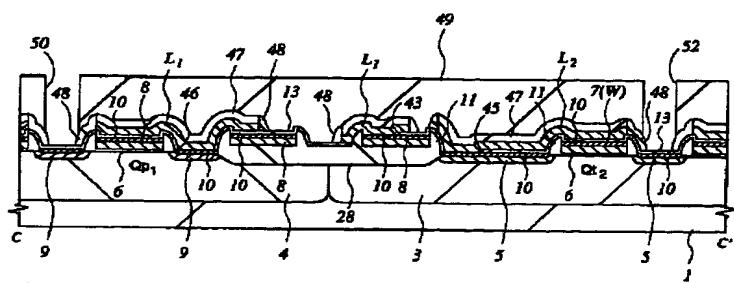
【図58】

図 58



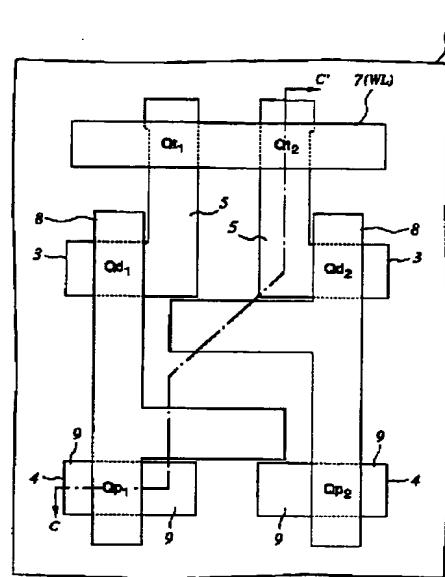
【図60】

図 60



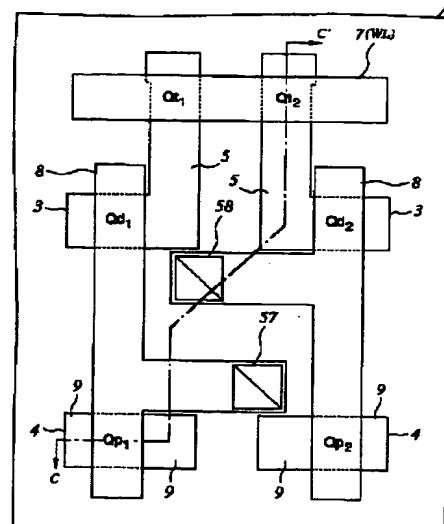
【図65】

図 65

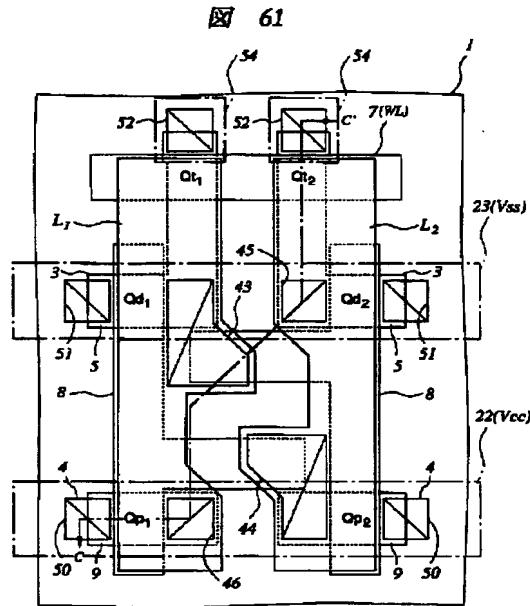


【図67】

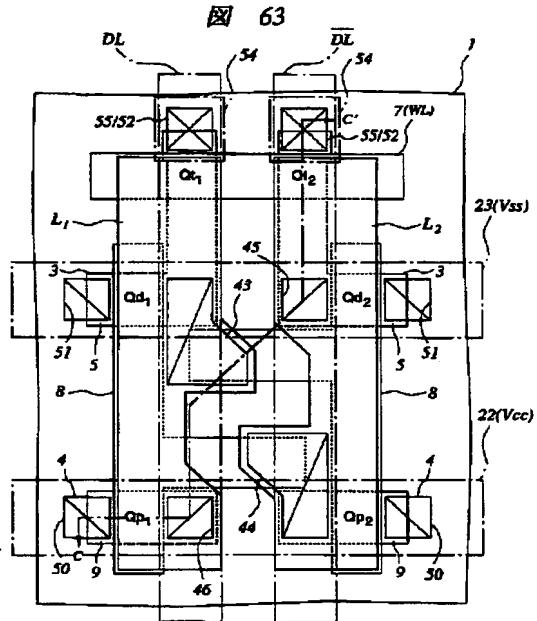
図 67



【☒ 6 1】

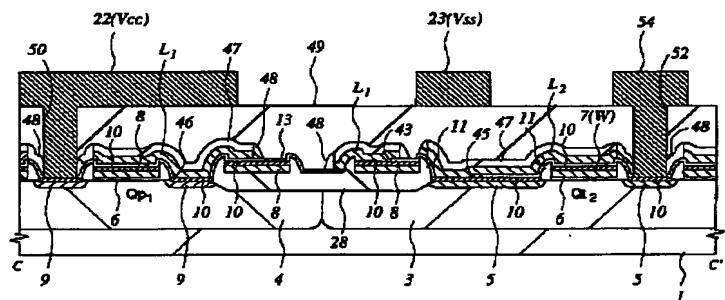


【图63】



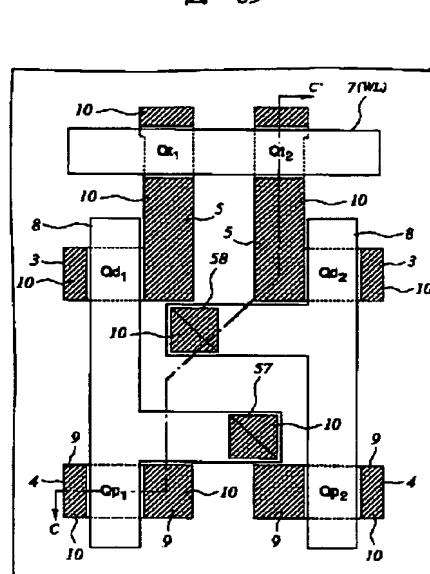
【图62】

图 62



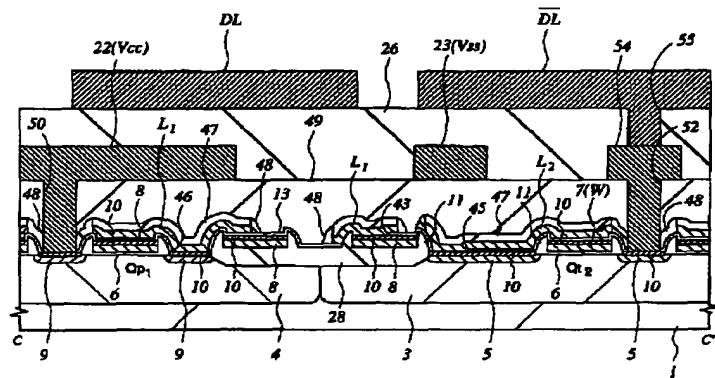
【图69】

图 69



【図64】

図 64

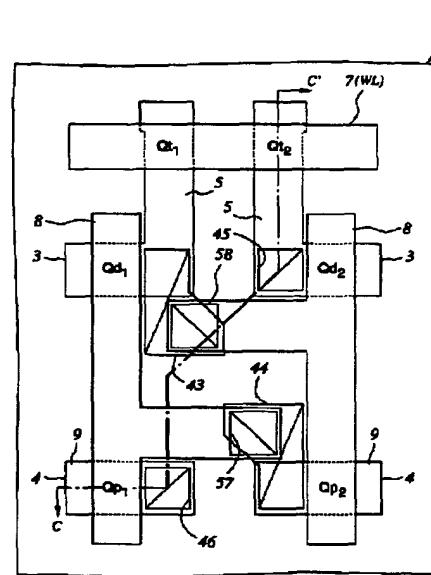


【図66】

図 66

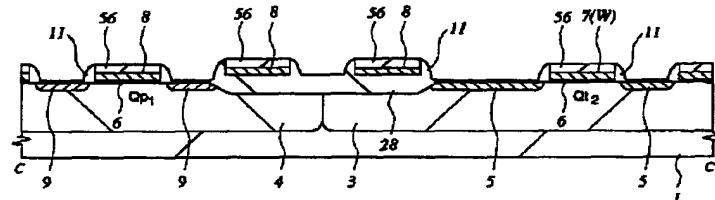
【図71】

図 71



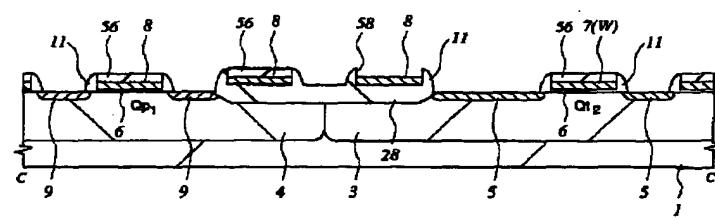
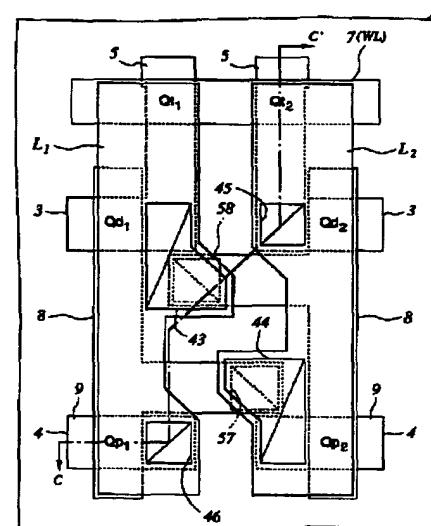
【図73】

図 73



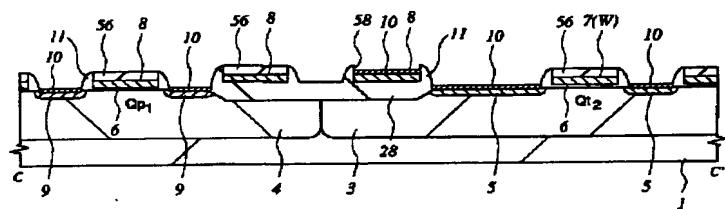
【図68】

図 68



【四七〇】

图 70

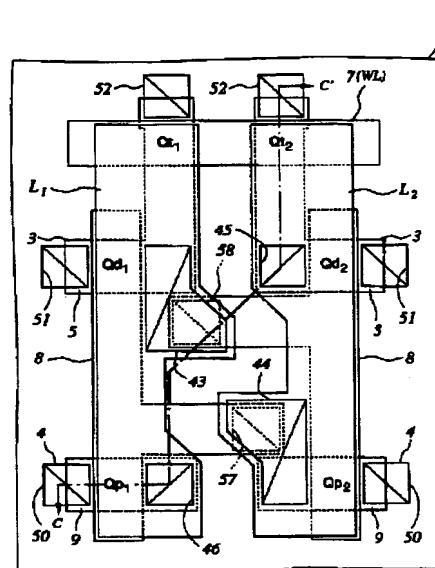


〔四〕 72

図 72

【四七六】

图 76

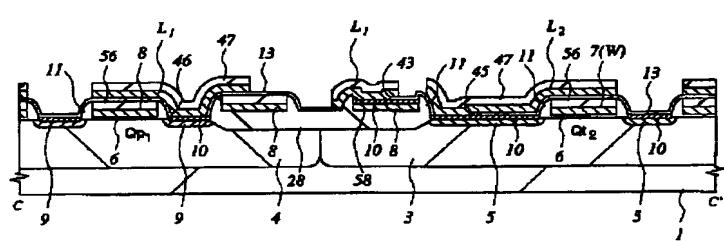
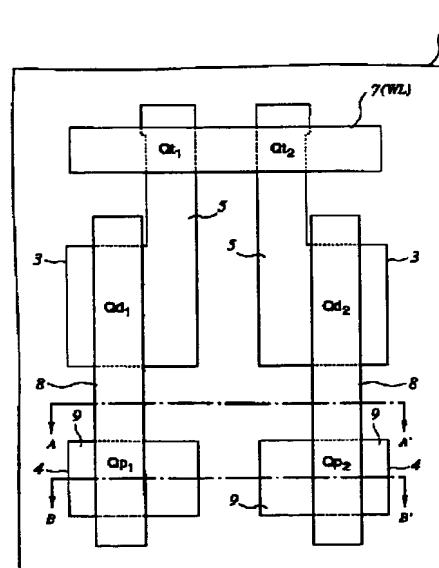


[图 7-4]

圖 74

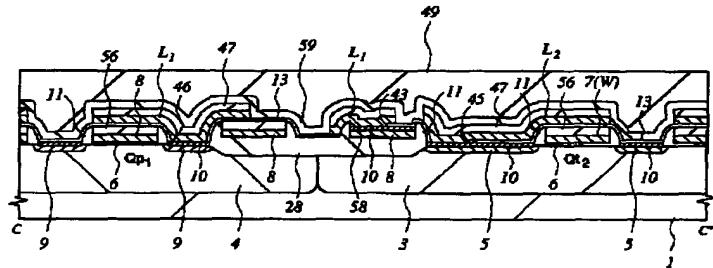
【图83】

图 83



【図75】

图 75

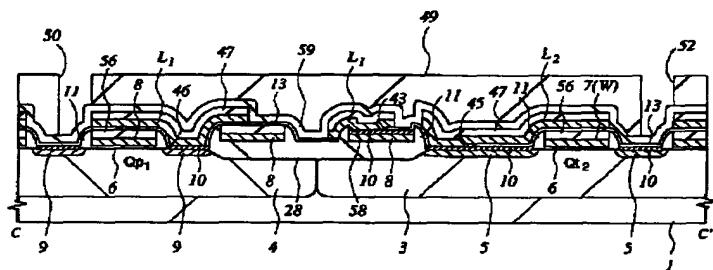
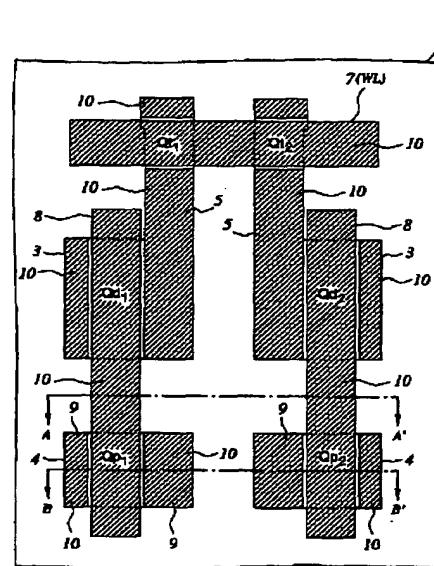


[圖 77]

图 77

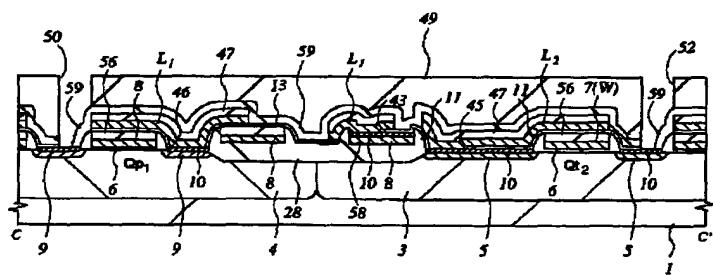
【图85】

图 85



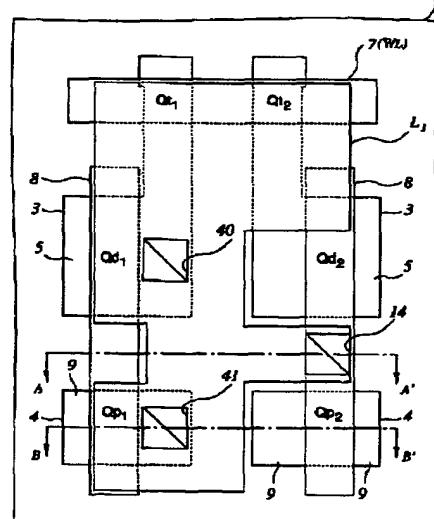
〔图78〕

78



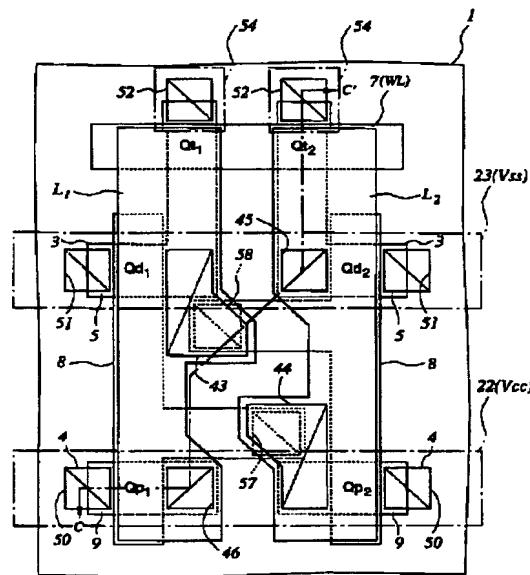
【图87】

圖 87



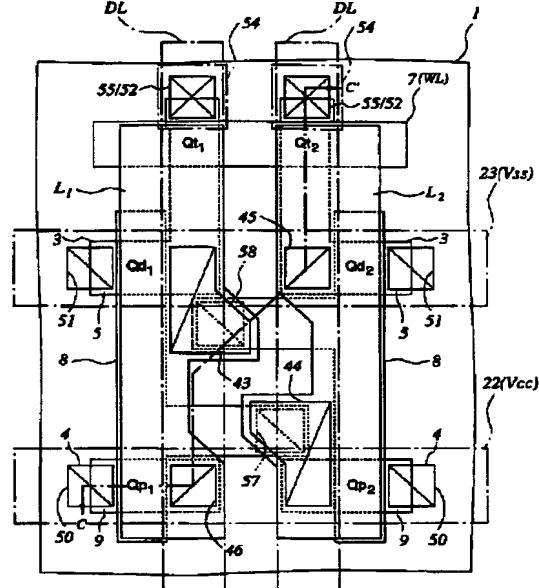
【图79】

图 79



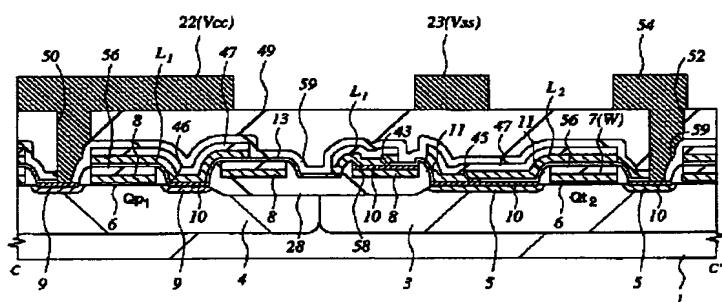
【四】

图 81



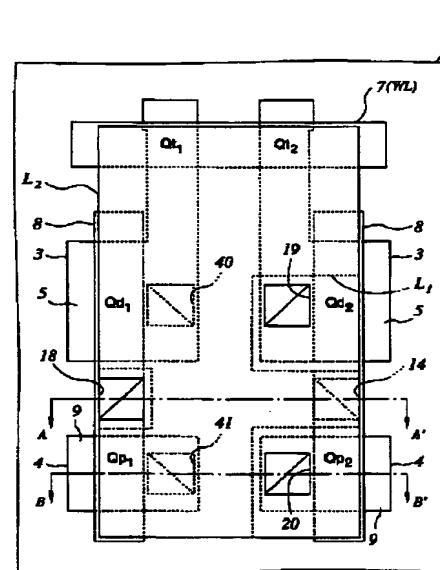
[图 80]

圖 80



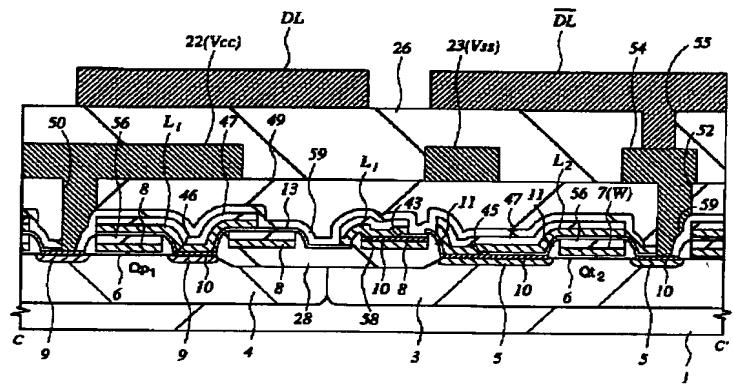
【图89】

图 89



【図82】

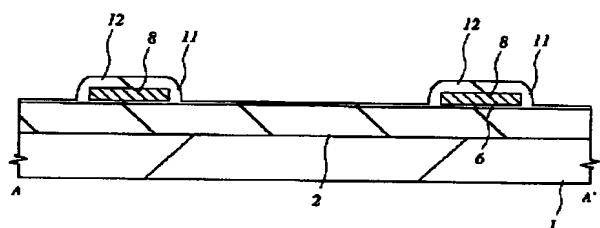
図 82



【図84】

図 84

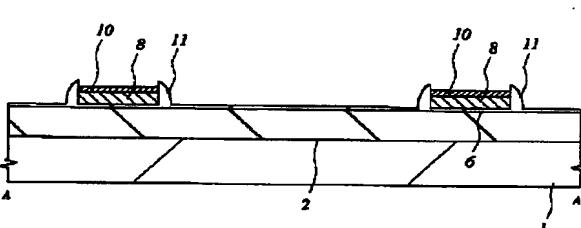
(a)



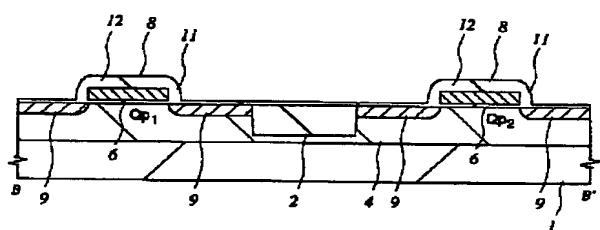
【図86】

図 86

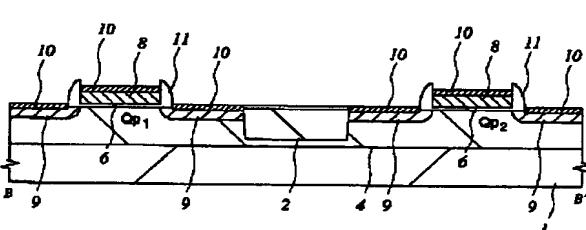
(a)



(b)

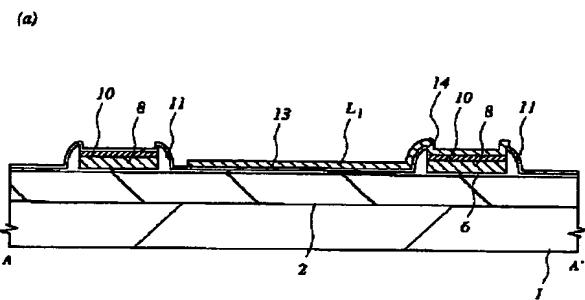


(b)

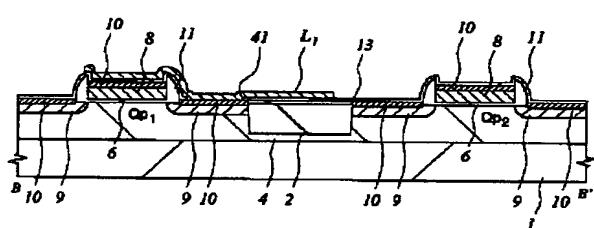


【图88】

图 88

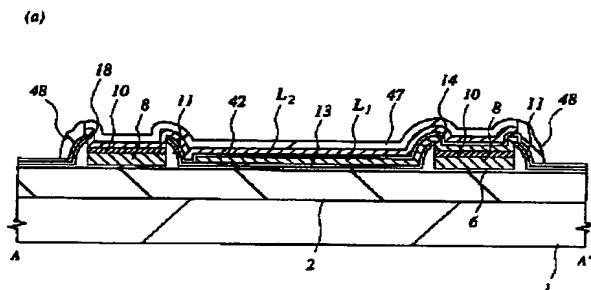


(B)

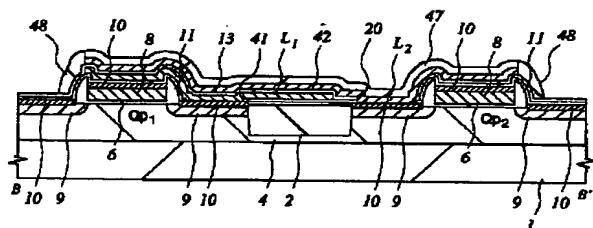


【四九】

图 91

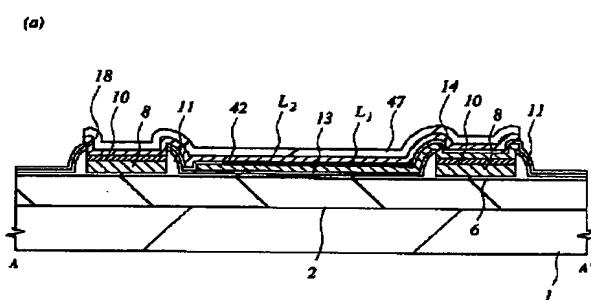


{b}

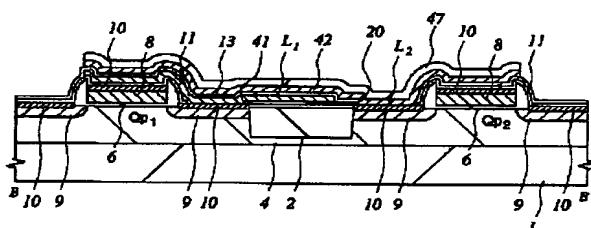


[图90]

图 90

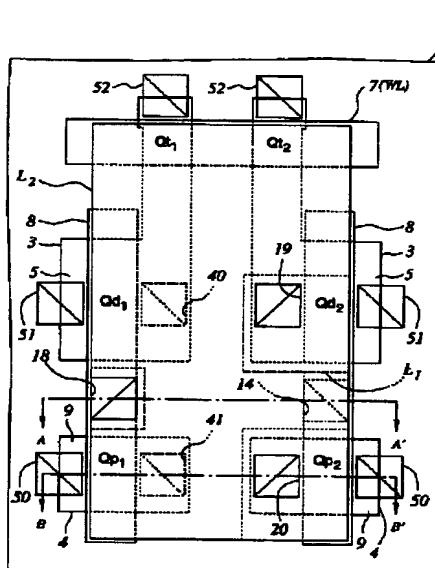


15



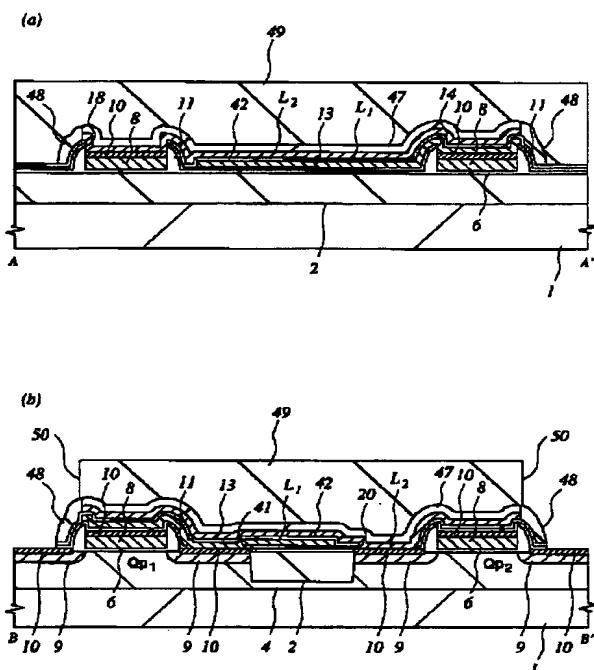
〔四九二〕

圖 92



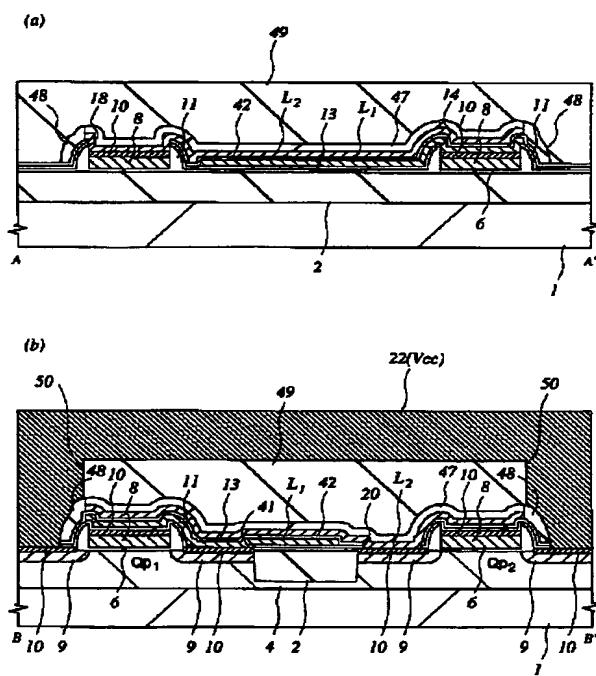
【図93】

図93



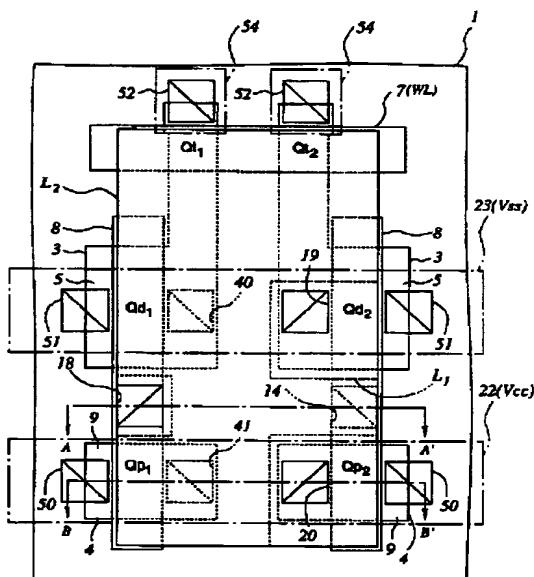
【図95】

図95



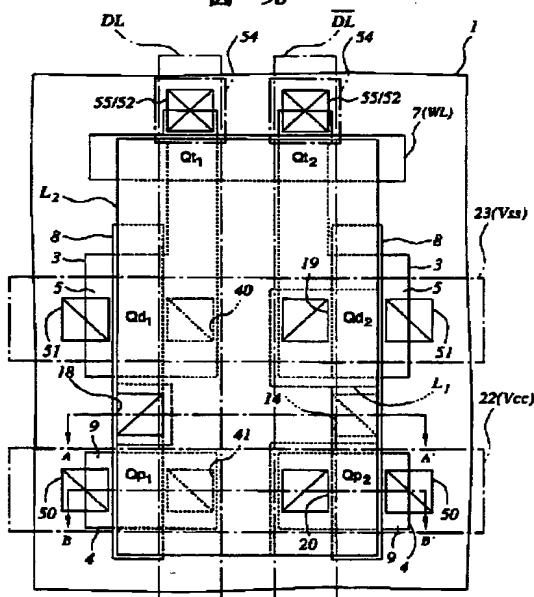
【図94】

図94



【図96】

図96



【図97】

